



SKRIPSI – TK 141581

**PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA DENGAN KATALIS
NaOH MENGGUNAKAN GELOMBANG MIKRO (*MICROWAVE*) SECARA
KONTINYU**

Oleh :

Daru Satria Prayanto

NRP. 2311 100 048

Muhammad Salahudin

NRP. 2311 100 157

Dosen Pembimbing :

Dr. Lailatul Qadariyah, ST. MT.

NIP. 1976 09 18 2003 12 2002

Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

NIP. 1961 08 02 1986 01 1001

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016



SKRIPSI – TK 141581

**BIODIESEL FROM COCONUT OIL WITH NaOH CATALYST USING
MICROWAVE CONTINUOUSLY METHOD**

By :

Daru Satria Prayanto

NRP. 2311 100 048

Muhammad Salahudin

NRP. 2311 100 157

Supervisor :

Dr. Lailatul Qadariyah, ST. MT.

NIP. 1976 09 18 2003 12 2002

Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

NIP. 1961 08 02 1986 01 1001

**DEPARTEMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA**

2016

LEMBAR PENGESAHAN

PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA DENGAN KATALIS NaOH MENGGUNAKAN GELOMBANG MIKRO (*MICROWAVE*) SECARA KONTINYU

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi
Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Daru Satria Prayanto (2311100048)
Muhammad Salahudin (2311100157)

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Lailatul Qadariah, S.T., M.T (Pembimbing I)

2. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA (Pembimbing II)

3. Prof. Dr. Ir. M. Rachimoellah, Dipl., EST (Penguji I)

4. Ir. Rr. Pantjawarni Prihatini (Penguji II)



Surabaya
Januari, 2016

PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA DENGAN KATALIS NaOH MENGGUNAKAN GELOMBANG MIKRO (*MICROWAVE*) SECARA KONTINYU

Nama / NRP : Daru Satria Prayanto / 2311100048
Muhammad Salahudin / 2311100157
Jurusan : Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

ABSTRAK

Biodiesel merupakan bioenergi atau bahan bakar nabati yang dibuat dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi, esterifikasi, atau proses esterifikasi-transesterifikasi. Proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan metode pemanasan konvensional maupun dengan metode pemanasan *microwave*. Dengan radiasi *microwave*, maka waktu yang dibutuhkan saat proses transesterifikasi lebih singkat dibandingkan dengan konvensional. Disisi lain, minyak kelapa memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel karena ketersediaannya yang melimpah. Penelitian ini bertujuan untuk membuat biodiesel dari minyak kelapa secara *kontinyu* melalui proses transesterifikasi metanol dengan menggunakan radiasi *microwave* dengan katalis NaOH dan mempelajari pengaruh konsentrasi tiap katalis, daya, dan laju umpan yang digunakan terhadap yield, densitas, dan viskositas biodiesel yang dihasilkan. Proses reaksi dilakukan sesuai dengan variabel ditentukan, dengan variabel laju umpan 0,73; 1,25; 1,72 ml/s, variabel konsentrasi katalis 0,25; 0,5; 1 (% berat) dari berat minyak kelapa dan variabel daya *microwave* 100, 264, 400, 600, dan 800 Watt. Rasio umpan ditentukan pada 1:9. Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu tahap persiapan, transesterifikasi, pemisahan, pencucian, dan tahap analisis. Pada tahap persiapan, melarutkan metanol dan katalis sesuai dengan

variabel hingga tercampur homogen. Selanjutnya dilakukan tahap transesterifikasi dengan mencampurkan larutan metanol (metanol dan katalis) dengan minyak kelapa dengan *mol ratio* yang telah ditentukan dan mengatur daya *microwave* serta memulai proses transesterifikasi. Reaksi di dalam *microwave* berlangsung secara kontinyu menggunakan *mix flow reaktor*. Tahap selanjutnya adalah pemisahan hasil transesterifikasi dari Gliserol, dilanjutkan dengan tahap pencucian dengan aquadest untuk memisahkan *impurities* dan *Katalis* yang masih tersisa dalam biodiesel dan kemudian memanaskan kembali pada oven untuk menguapkan kandungan air dalam biodiesel. Tahap akhir yang dilakukan adalah analisis hasil biodiesel terhadap yield, densitas, dan viskositasnya. Hasil terbaik dari variabel yang digunakan di atas adalah pada katalis NaOH dengan konsentrasi 1 %, daya *microwave* 800 Watt, dan laju umpan 0,73 ml/s, dengan yield sebesar 89,55 % , densitas sebesar 0,876 gram/cm³ dan viskositas sebesar 3,087 cSt.

Kata kunci: Biodiesel, Minyak Kelapa, Transesterifikasi, *Microwave*, *Kontinyu*

BIODIESEL FROM COCONUT OIL WITH NaOH CATALYST USING MICROWAVE CONTINUOUSLY METHOD

Name / NRP : Daru Satria Prayanto /2311100048
Muhammad Salahudin /2311100157
Department : Chemical Engineering FTI-ITS
Supervisor : Dr. Lailatul Qadariyah, ST, MT
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

ABSTRACT

Biodiesel is a biofuel or biofuel made from vegetable oil through a process of transesterification, esterification, or esterification-transesterification process. The process of making biodiesel can be achieved by conventional heating or by heating microwave method. By microwave radiation, the time lag between when the transesterification process is shorter compared to conventional. On the other hand, coconut oil has great potential to be used as raw material in the production of biodiesel because of its availability in abundance. This research aims to make biodiesel from coconut oil continuously through methanol transesterification process using microwave radiation with NaOH catalyst and study the effect of each catalyst concentration, power, and the feed rate is used for yield, density, and viscosity of biodiesel produced. Reaction process conducted in accordance with the specified variable, the variable feed rate of 0.73; 1.25; 1.72 ml/s, variable catalyst concentration of 0.25; 0.5; 1 (% by weight) of coconut oil weight and variable microwave power of 100, 264, 400, 600, and 800 Watt. Feed ratio determined at 1: 9. The study was conducted in several stages, namely the preparatory stage, the transesterification, separation, washing, and analysis. In the preparation stage, dissolving the methanol and catalyst in accordance with the variable until blended homogeneous. Transesterification stage is then performed by mixing a solution of methanol (methanol and catalyst) with coconut oil with mole ratio

a predetermined and set the microwave power and begin the process of transesterification. Reactions in the microwave takes place continuously using mixed flow reactors. The next stage is the separation results of the transesterification of glycerol, followed by a washing step with distilled water to separate impurities and the catalyst remaining in the biodiesel and then reheat in the oven to evaporate the water content in biodiesel. The final stage is done is the analysis of the results of biodiesel to the yield, density, and viscosity. The best results of the variables used in the above is the catalyst NaOH with a concentration of 1%, microwave power of 800 Watts, and a feed rate of 0.73 ml/s, with a yield of 89.55%, the density of 0.876 g/cm³ and a viscosity of 3.087 cSt.

Keywords: Biodiesel, Coconut Oil, Transesterification, Microwave, Continuous

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga kami dapat menyusun proposal skripsi kami dengan judul :

PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA DENGAN KATALIS NaOH MENGGUNAKAN GELOMBANG MIKRO (MICROWAVE) SECARA KONTINYU

Proposal skripsi ini merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa tahap sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Pada kesempatan kali ini kami ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Juwari, ST., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
2. Ibu Dr. Lailatul Qadariah, ST.MT, selaku Dosen Pembimbing I, Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA, selaku Dosen Pembimbing II dan Kepala Laboratorium Teknologi Proses Kimia, Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
4. Bapak Setiyo Gunawan, ST., Ph.D, selaku Sekretaris Jurusan dan Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
5. Bapak dan Ibu Dosen pengajar yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
6. Rekan-rekan Laboratorium Teknologi Proses Kimia atas semangat dan kerjasamanya.
7. Orang tua dan saudara-saudara penulis serta teman - teman, atas doa, bimbingan, perhatian, dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.

Kami menyadari bahwa laporan skripsi ini masih perlu penyempurnaan, oleh karena itu kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan skripsi ini nantinya dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 25 Januari 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penelitian	4
I.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Biodiesel.....	5
II.2 Minyak Kelapa.....	7
II.3 Gelombang Mikro.....	9
II.4 Reaksi Trans-Esterifikasi	10
II.5 Mixed Flow Reactor	11
II.6 Metanol.....	12
II.7 Katalis.....	13
II.8 Parameter Yang Diperlukan Dalam Penentuan Karakteristik Biodiesel	16
II.9 Penelitian Terdahulu	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Garis Besar Penelitian	19
III.2 Bahan dan Alat	19
III.3 Prosedur Penelitian	21
III.4 Variabel Penelitian	24
III.5 Kondisi Operasi.....	24
III.6 Flowchart Prosedur Percobaan.....	24
III.7 Analisa Data	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Pengaruh Daya terhadap Produk Biodiesel	26
IV.2 Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap Produk Biodiesel.....	30
IV.3 Pengaruh Laju Umpan terhadap Produk Biodiesel.....	33

IV.4 Karakteristik Kualitas Produk Biodiesel	36
IV.5 Hasil Analisa <i>Gas Chromatography</i> pada Produk Biodiesel.....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan.....	40
V.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	xi
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Minyak Kelapa.....	7
Gambar II.2a	Perbandingan Temperatur <i>Microwave</i> dan Pemanasan Konvensional.....	9
Gambar II.2b	Kondisi Thermal Pemanasan pada <i>Microwave</i> dan Konvensional.....	9
Gambar II.3	Reaksi Transesterifikasi	10
Gambar II.4	<i>Mixed Flow Reaktor</i>	12
Gambar II.5	Natrium Hidroksida (NaOH).....	15
Gambar III.1	Skema Reaktor Mix Flow dan <i>Microwave</i>	20
Gambar III.2	Flowchart Prosedur Percobaan.....	24
Gambar IV.1	Pengaruh Daya terhadap Viskositas Produk dengan 1 % Katalis NaOH.....	27
Gambar IV.2	Pengaruh Daya terhadap <i>Yield</i> Produk dengan 1% Katalis NaOH.....	28
Gambar IV.3	Pengaruh Daya terhadap Densitas Biodiesel dengan 1 % Katalis NaOH.....	29
Gambar IV.4	Pengaruh Konsentrasi Katalis NaOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 800 Watt.....	30
Gambar IV.5	Pengaruh Konsentrasi Katalis NaOH terhadap <i>Yield</i> Produk pada Daya 800 watt.....	31
Gambar IV.6	Pengaruh Konsentrasi Katalis NaOH terhadap Densitas Produk pada Daya 800 watt.....	32
Gambar IV.7	Pengaruh Laju Umpan terhadap Viskositas Produk pada Daya 800 watt.....	33
Gambar IV.8	Pengaruh Laju Umpan terhadap <i>Yield</i> Produk pada Daya 800 watt.....	34
Gambar IV.9	Pengaruh Laju Umpan terhadap Densitas Produk pada Daya 800 watt.....	35
Gambar IV.10	Hasil Analisa GC dari Biodiesel dengan menggunakan Katalis NaOH.....	37
Gambar IV.11	Hasil Analisa GC pada Minyak Kelapa Barco.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel II.1. Standar Biodiesel Berdasarkan SNI 7182-2012.....	6
Tabel II.2. Komposisi Asam Lemak Beberapa Minyak Nabati	8
Tabel II.3. Karakteristik Beberapa Minyak Nabati	8
Tabel II.4. Data Standard Minyak Kelapa.....	9
Tabel II.5. Perbandingan Katalis Homogen dan Heterogen.....	14
Tabel IV.1. Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan Katalis NaOH.....	36
Tabel IV.2. Analisis GC pada Biodiesel	37
Tabel IV.3. Komposisi dari Analisis GC pada Biodiesel.....	38
Tabel IV.4. Komposisi dari Analisis GC pada Minyak Kelapa	39

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Energi adalah salah satu kebutuhan dasar dari semua kebutuhan industri dan rumah tangga dalam lingkup sosial. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi penduduk, pengembangan wilayah dan pembangunan dari tahun ke tahun, kebutuhan akan pemenuhan energi di seluruh sektor secara nasional juga semakin besar. Hasil kajian Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral memaparkan bahwa total konsumsi energi per kapita Indonesia meningkat setiap tahunnya dengan pertumbuhan di atas 5% (Indonesia Energy Statistic, 2010).

Salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar minyak adalah biodiesel. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar diesel yang baik bila dibandingkan dengan bahan bakar diesel berbasis petroleum, karena lebih sedikit menyebabkan kerusakan lingkungan. Kelebihan lain yang dimiliki biodiesel adalah biodiesel menghasilkan lebih sedikit asap dan partikulat, mempunyai angka setana yang lebih tinggi, menghasilkan emisi karbon monoksida dan hidrokarbon lainnya lebih sedikit, dapat diperbarui, dan tidak beracun (Agarwal dan Das, 2001).

Biodiesel mempunyai titik beku yang lebih rendah dibanding minyak nabati, sehingga dapat digunakan di daerah-daerah bersuhu rendah. Biodiesel ini mempunyai sifat fisik yang mirip dengan minyak diesel mineral sehingga langsung dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak diesel (Widodo, dkk, 2008). Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati, minyak hewani atau dari minyak goreng bekas (daur ulang).

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak kelapa. Digunakan minyak kelapa karena karakteristik minyak kelapa yang baik. Minyak Kelapa memiliki kandungan asam lemak jenuh yang cukup tinggi hingga mencapai sekitar 91% yang mana merupakan trigliserida yang akan digunakan untuk

reaksi pembuatan biodiesel. Berdasarkan kajian yang dilakukan James Cook University (1983), disimpulkan bahwa minyak kelapa memiliki karakteristik yang paling baik sebagai bahan bakar bila dibandingkan dengan minyak nabati lainnya. Ester dari minyak kelapa merupakan bahan bakar terbaik untuk mesin diesel, bahkan lebih baik di banding minyak diesel sendiri. dan mendukung untuk diolah sebagai bahan bakar renewable.

Reaksi transesterifikasi digunakan dalam proses pembuatan biodiesel. Pemilihan dan penggunaan katalis dalam proses transesterifikasi merupakan bagian yang sangat penting. Variabel yang digunakan dalam pemilihan katalis adalah perbedaan persen katalis berbanding berat minyak. Katalis yang digunakan adalah katalis padat NaOH. Dipilih menggunakan katalis padat karena katalis padat mempunyai kecenderungan mudah untuk berpisah tanpa menggunakan pemisahan yang kompleks. Digunakan tiga titik pengambilan variabel konsentrasi untuk mengetahui konsentrasi mana yang dapat memberikan hasil paling baik dalam proses transesterifikasi. Penggunaan katalis dapat berpengaruh terhadap hasil yang didapatkan. Dari segi lama waktu reaksi bergantung pada karakteristik masing-masing katalis.

Proses Pemanasan menggunakan gelombang mikro dari microwave mempunyai beberapa kelebihan yaitu pemanasan lebih merata karena bukan mentransfer panas dari luar tetapi membangkitkan panas dari dalam bahan tersebut. Pemanasannya juga dapat bersifat selektif artinya tergantung dari dielektrik properties bahan. Hal ini akan menghemat energi untuk pemanasan. Selain itu waktu reaksi pemanasan dengan gelombang mikro jauh lebih cepat jika dibandingkan dengan waktu reaksi pemanasan konvensional.

Metode kontinu yang digunakan ini memiliki masing-masing kelebihan dan kekurangan bila dibandingkan metode batch yang telah familiar digunakan sebelumnya, salah satunya adalah dimana proses kontinu ini akan menghasilkan biodiesel dalam waktu yang lebih singkat dari proses batch, namun lebih dibutuhkan kondisi variable yang mendukung untuk menghasilkan

yield yang bisa bersaing dengan proses batch dengan kebutuhan bahan baku seoptimal mungkin sehingga proses pembuatan tetap ekonomis. Proses trans-esterifikasi merupakan bagian terpenting pada rangkaian proses pemurnian pasca reaksi. Pemanasan menggunakan gelombang mikro mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pemanasan konvensional, karena panas dibangkitkan secara internal akibat getaran molekul-molekul bahan yang ingin dipanaskan oleh gelombang mikro. Pemilihan wadah sampel sangat berpengaruh dalam pemanasan. Maka dipilihlah bahan yang dapat ditembus oleh gelombang mikro. Sehingga gelombang mikro dapat diteruskan dan langsung memanaskan bahan sample terlebih dahulu memanaskan wadahnya. Sehingga reaksi berjalan lebih cepat dan waktu reaksi juga akan lebih singkat.

Dari pernyataan di atas dapat dijadikan sebagai acuan penelitian proses pembuatan biodiesel ini dengan proses kontinu yang masih baru dengan menggunakan katalis yang mudah untuk dipisahkan, serta teknologi pemanasan dengan gelombang microwave yang lebih modern. Diharapkan penelitian ini akan memberikan kontribusi yang cukup berarti bagi ilmu pengetahuan, khususnya di bidang energi, dalam hal penemuan sumber energi alternatif dan dapat lebih dikembangkan lagi sehingga dapat diperoleh kualitas biodiesel yang lebih bagus dengan proses yang lebih mudah.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana proses pembuatan biodiesel secara kontinu dengan metode radiasi microwave?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi katalis NaOH, daya, laju aliran terhadap yield, densitas dan viskositas biodiesel yang dihasilkan?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini meliputi:

1. Mempelajari proses pembuatan biodiesel dengan metode radiasi microwave secara kontinyu.
2. Mempelajari pengaruh konsentrasi katalis NaOH, daya, laju aliran terhadap yield, densitas dan viskositas biodiesel yang dihasilkan.

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai salah satu alternatif proses dalam pembuatan biodiesel yang lebih mudah, cepat, dan ekonomis.
2. Sebagai informasi dan bahan pertimbangan kepada masyarakat luas serta pihak-pihak yang terkait mengenai pendayagunaan minyak nabati dan mengurangi eksploitasi terhadap minyak bumi yang dapat menimbulkan dampak bagi lingkungan
3. Sebagai bahan referensi dan informasi pada penulis lainnya yang tertarik untuk mengkaji dan meneliti proses pembuatan biodiesel dengan proses kontinyu yang berasal dari bahan baku minyak kelapa.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Biodiesel

Biodisel merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodisel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku (Hikmah dan Zuliyana, 2010).

Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol yang menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty Acids Methyl Esters* /FAME) atau biodisel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali. Jenis katalis yang biasa digunakan diantaranya seperti Natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Katalis NaOH lebih kuat mengkatalisis reaksi transesterifikasi dibandingkan KOH, sebab pada konsentrasi yang sama tampak bahwa katalis NaOH lebih mampu menurunkan viskositas lebih rendah dari pada katalis KOH. Namun demikian, kekurangan katalis NaOH adalah kemudahan terbentuknya sabun sebagai hasil samping reaksi, sehingga perlu penanganan khusus pada proses pencucian (Joelianingsih dkk, 2006).

Dalam suhu ruang, biodisel, baik jenis *Methyl Ester* atau *Ethyl Ester* adalah senyawa yang relative stabil yang berfase cair. Senyawa ini tidak korosif dan memiliki titik didih rendah. Secara ekonomi, biodisel jenis *Methyl Ester* lebih disukai daripada *Ethyl Ester*.

(Sivasamy et al, 2009)

Karena sebagian besar tanaman memiliki kandungan minyak dan *free fatty acid (FFA)* yang berbeda-beda maka minyak

nabati sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dikelompokkan menjadi tiga jenis berdasarkan kandungan FFA, yaitu:

1. Refined oils : Minyak nabati dengan kandungan FFA kurang dari 1,5%
 2. Minyak nabati dengan kandungan FFA rendah kurang dari 4%
 3. Minyak nabati dengan kandungan FFA tinggi lebih dari 20%
- (Joelianingsih dkk, 2006)

Jika bahan baku biodiesel memiliki kandungan FFA di bawah 5%, tahap pembuatan biodiesel dapat langsung menggunakan reaksi transesterifikasi. Jika biodiesel memiliki kandungan FFA di atas 5% maka diperlukan proses esterifikasi dengan katalis asam. Apabila langsung ditransesterifikasi dengan katalis basa maka FFA akan bereaksi dengan katalis membentuk sabun (Hikmah dan Zuliyana, 2010). Terbentuknya sabun dalam jumlah yang cukup besar dapat menghambat pemisahan gliserol dari metil ester dan berakibat terbentuknya emulsi selama proses pencucian.

Kualitas biodiesel sebagai produk bahan bakar mesin diesel ditentukan oleh beberapa parameter, antara lain bilangan setana, kekentalan kinematik, masa jenis, dan lain-lain. Rumusan standar biodiesel Indonesia dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel II.1 Standar Biodiesel berdasarkan SNI 7182-2012

Parameter	SNI 7182-2012
Massa jenis pada 40°C (kg/m ³)	850 – 890
Viskositas Kinematik pada 40°C, (cSt)	2,3 – 6,0
Angka Setana	Min. 51
Titik Nyala (°C)	Min. 100
Titik Kabut (°C)	Min.18
Kadar Air (%volume)	Max. 0,05
Bilangan Iodin (g-I ₂ /100 g)	Max. 115

(SNI, 2012)

II.2 Minyak Kelapa



Gambar II.1 Minyak Kelapa

Minyak kelapa merupakan minyak yang diperoleh dari kopra (daging buah kelapa yang dikeringkan). Kandungan minyak dalam kopra mencapai 63-65%. Minyak kelapa sebagaimana minyak nabati lainnya merupakan senyawa trigliserida yang terdiri berbagai asam lemak yang mana terdiri dari sekitar 91% asam lemak jenuh. Selain itu dalam minyak kelapa yang belum dimurnikan juga terdapat kandungan sejumlah kecil komponen bukan lemak seperti fosfatida, gum, sterol (0,06-0,08%), tokoferol (0,003%), dan asam lemak bebas (<5%) dan sedikit protein dan karotene. Sterol berfungsi sebagai stabilizer dalam minyak dan tokoserol sebagai antioksidan (Ketaren, 1986). Minyak kelapa kaya akan asam lemak brantai sedang (C8-C14), khususnya asam Laurat dan meristat. Komposisi asam lemak pada minyak kelapa diperlihatkan pada table II.2 di bawah ini

Tabel II.2 Komposisi Asam Lemak pada Minyak Kelapa

Asam Lemak	Jumlah Atom C	Komposisi (%)
Asam Lemak jenuh		
Oktanoat	8	8
Dekanoat	10	7
Laurat	12	48
Miristat	14	17
Palmitat	16	9
Stearat	18	2
Asam Lemak tidak jenuh		
Oleat	18	6
Linoleat	18	3
Linolenat	18	-
Total		100

Departemen Perindustrian (SNI 01-3741-1995)

Tabel II.3 Karakteristik beberapa minyak nabati

Asam Lemak	Kelapa	Sawit (palm)	Kanola	Bunga Matahari	Kacang Tanah	Kedelai	Lin Seed
Suhu me-madat (°C)	20-25	30-35	-10	-17	3	-16	-14
Bilangan Iod	10	54	98	125	93	130	179
Bilangan Penyabunan	268	199	175	189	192	191	190

(Department Physics, 1983)

Berdasarkan kajian yang dilakukan Physics Department (1983), disimpulkan bahwa minyak kelapa memiliki karakteristik yang paling baik sebagai bahan bakar bila dibandingkan dengan minyak nabati lainnya. Ester dari minyak kelapa merupakan bahan

bakar terbaik untuk mesin diesel, bahkan lebih baik disbanding minyak diesel sendiri.

Tabel II.4 Data standar minyak kelapa

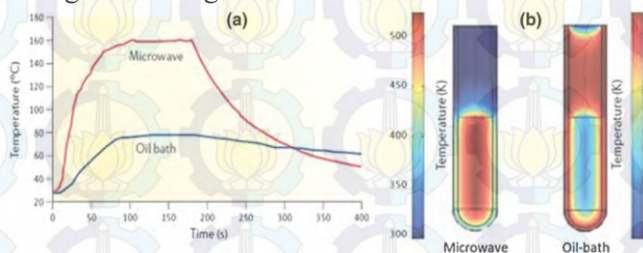
Parameter	Standar
Moisture (%)	Max 0,1
Free Fatty Acid (%)	Max 0,2
Relative Density	0,915-0,92
Viskositas (Cst)	25-30

(Sumber : *APCC Standard for Virgin Coconut Oil*, 2008)

II.3 Gelombang Mikro (*microwave*)

Gelombang mikro atau mikro gelombang (*microwave*) adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (*Super High Frequency*, SHF) yaitu di atas 3GHz (3×10^9 Hz). Sebenarnya gelombang ini merupakan gelombang radio tetapi panjang gelombangnya lebih kecil dari gelombang radio biasa atau dapat dikategorikan sebagai *ultrashort* (sangat pendek) sehingga disebut juga mikro.

Gelombang ini tidak dapat dilihat mata kita karena panjang gelombangnya (walaupun sangat kecil dibanding gelombang radio) jauh lebih besar dari panjang gelombang cahaya (di luar spektrum sinar tampak). Keduanya terdapat dalam spektrum gelombang elektromagnetik.

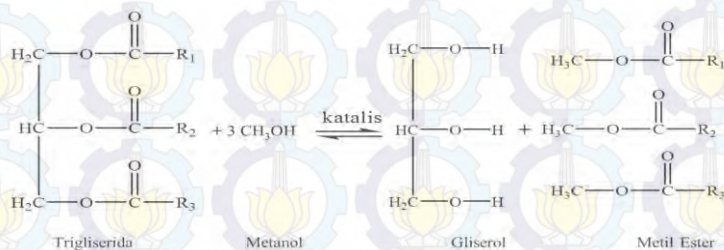


Gambar II.2 a) Perbandingan Temperatur *Microwave* dengan Pemanasan Konvensional. b) Kondisi *thermal* Pemanasan pada *Microwave* dan Pemanasan Konvensional

Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai kelebihan yaitu pemanasan lebih merata karena bukan mentransfer panas dari luar tetapi membangkitkan panas dari dalam bahan tersebut. Pemanasannya juga dapat bersifat selektif artinya tergantung dari dielektrik properties bahan. Hal ini akan menghemat energi untuk pemanasan. Selain itu waktu reaksi pemanasan dengan gelombang mikro jauh lebih cepat jika dibandingkan dengan waktu reaksi pemanasan konvensional. Pemanasan dengan *microwave* memiliki panas yang hilang lebih kecil dibandingkan dengan pemanasan konvensional. Hal ini menandakan bahwa efisiensi energi pemanasan menggunakan *microwave* lebih besar dibandingkan pemanasan konvensional (Gude et al,2013).

II.4 Reaksi Trans-esterifikasi

Dalam transesterifikasi minyak nabati, trigliserida bereaksi dengan alkohol dengan adanya asam kuat atau basa kuat sebagai katalis menghasilkan campuran fatty acid alkyl ester dan gliserol (Schuchardt, dkk, 1998). Reaksi transesterifikasi antara minyak atau lemak alami dengan metanol digambarkan sebagai berikut: reaktivitasnya paling tinggi. Reaksi transesterifikasi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Gambar II.3 Reaksi Transesterifikasi

(Sivasamy et al, 2009)

Freedman et al. (1986) juga menuliskan bahwa reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang berjalan tiga tahap dan *reversible* (bolak-balik) dimana mono dan digliserida terbentuk sebagai intermediate. Reaksi stoikimetris membutuhkan 1 mol

trigliserida dan 3 mol alkohol. Alkohol digunakan secara berlebihan untuk meningkatkan *yield* alkil ester dan untuk memudahkan pemisahan fasanya dari gliserol yang terbentuk.

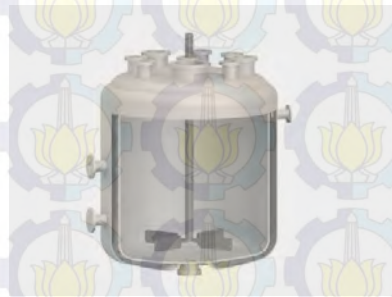
Beberapa hal yang mempengaruhi proses transesterifikasi antara lain, suhu, kecepatan pengadukan, jenis dan konsentrasi katalis dan perbandingan antara etanol dan asam lemak. Proses transesterifikasi akan berlangsung lebih cepat apabila suhu reaksi dinaikkan mendekati titik didih alkohol yang digunakan. Semakin tinggi kecepatan pengadukan akan menaikkan pergerakan molekul dan menyebabkan terjadinya tumbukan. Pada awal terjadinya reaksi, pengadukan akan menyebabkan terjadinya difusi antara minyak atau lemak sampai terbentuk metil ester. Pemakaian alkohol berlebihan akan mendorong reaksi ke arah pembentukan etil ester dan semakin besar kemungkinan terjadinya tumbukan antara molekul-molekul metanol dan minyak yang bereaksi (Hui, 1996). Menurut Schuchardt et al. (1998), kemurnian reaktan terutama kandungan air dan kandungan asam lemak (FFA) juga merupakan faktor yang mempengaruhi keberlangsungan transesterifikasi.

II.5 Mixed Flow Reactor

Reaktor mixed flow reaktor termasuk sistem reaktor kontinyu untuk reaksi-reaksi sederhana. Berbeda dengan sistem operasi batch di mana selama reaksi berlangsung tidak ada aliran yang masuk atau meninggalkan sistem secara berkesinambungan, maka di dalam reaktor alir (kontinyu), baik umpam maupun produk akan mengalir secara terus menerus. Sistem seperti ini memungkinkan kita untuk bekerja pada suatu keadaan dimana operasi berjalan secara keseluruhan daripada sistem berada dalam kondisi stasioner. Ini berarti bahwa baik aliran yang masuk, aliran keluar maupun kondisi operasi reaksi di dalam reaktor tidak lagi berubah oleh waktu. Pengertian waktu reaksi tidak lagi sama dengan lamanya operasi berlangsung, tetapi ekuivalen dengan lamanya reaktan berada di dalam reaktor. Pernyataan terakhir ini biasa disebut waktu tinggal campuran di dalam reaktor, yang

besarnya ditentukan oleh laju alir campuran yang lewat serta volume reaktor di mana reaksi berlangsung.

Reaktor tipe ini bisa terdiri dari satu tangki atau lebih. Biasanya tangki-tangki ini dipasang vertikal dengan pengadukan sempurna. Pengadukan pada masing-masing tangki dilakukan secara kontinu sehingga diperoleh suatu keadaan di mana komposisi campuran di dalam reaktor benar-benar seragam. Reaktor tangki ini biasanya digunakan untuk reaksi-reaksi dalam fase cair, untuk reaksi heterogen cair – padat atau reaksi homogen cair- cair dan sebagainya. Kerugiannya Untuk volume yg sama konversi lebih rendah daripada PFR.



Gambar II.4 Mixed Flow Reaktor (MFR)

II.6 Metanol

Metanol disebut juga dengan metil alkohol yaitu merupakan senyawa organik yang paling sederhana dari alkohol. Formula molekularnya adalah CH_3OH . Metanol mempunyai bilangan oktan yang tinggi. Metanol pada umumnya dibuat dari gas alam, dapat juga dihasilkan dari *biomass*. Metanol bersifat racun, jika terhirup menyebabkan sesak nafas dan jika terminum akan berbahaya.

a. Sifat Fisika

Berat Molekul	: 32,04 kg/kgmol
Sp.gr	: 0,791
Kekentalan	: 0,86 cP
Titik didih	: 64,7 °C
Titik nyala	: 15,6 °C

Titik leleh	: -97,68 °C
Suhu <i>Autoignition</i>	: 464 °C
Panas Penguapan	: 1128,8 kJ/kg
Suhu Kritis (Tc)	: 239,49 °C
Tekanan Kritis (Pc)	: 79,94 atm
Cp (<i>Liquid</i>)	: 81,08 J/gmol.K

(Wikipedia.org)

b. Sifat Kimia

- Kelarutan dalam air (1g/100g air) : tak terhingga, bersifat polar
- Metanol merupakan zat yang mudah terbakar dan bersifat eksplosif ketika bercampur dengan udara

II.7 Katalis

Katalis adalah zat yang ditambahkan ke dalam suatu reaksi dengan maksud memperbesar kecepatan reaksi. Katalis terkadang ikut terlibat dalam reaksi tetapi tidak mengalami perubahan kimiawi yang permanen, dengan kata lain pada akhir reaksi katalis akan dijumpai kembali dalam bentuk dan jumlah yang sama seperti sebelum reaksi. Katalis mempercepat reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. Katalis menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi aktivasi yang lebih rendah. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi. Adanya penambahan katalis akan menyebabkan terbentuknya tahap-tahap reaksi tambahan, yaitu tahap pengikatan katalis dan tahap pelepasan katalis pada akhir reaksi. Katalis ini bersifat spesifik, artinya hanya berfungsi untuk suatu reaksi tertentu.

Fungsi katalis adalah memperbesar kecepatan reaksinya (mempercepat reaksi) dengan jalan memperkecil energi pengaktifan suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi yang baru. Dengan menurunnya energi pengaktifan maka pada suhu yang sama reaksi dapat berlangsung lebih cepat. Reaksi yang berlangsung lambat dapat dipercepat dengan menambahkan katalis yang sesuai untuk reaksi tersebut. Katalis akan mempercepat reaksi karena katalis akan mencari jalan dengan energi aktivasi yang lebih rendah sehingga reaksinya akan berlangsung lebih cepat.

Katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama :

- Katalis homogen adalah katalis yang fasenya sama dengan fase zat yang bereaksi maupun zat hasil reaksi.
- Katalis heterogen adalah katalis yang fasenya berbeda dengan fase zat yang bereaksi maupun zat hasil reaksi.

Tabel II.5. Perbandingan Katalis Homogen dan Heterogen

Katalis Homogen	Katalis Heterogen
<ol style="list-style-type: none"> 1. Fasa cair atau gas. 2. Setiap molekul katalis aktif sebagai katalis. 3. Aktivitas dan selektivitas tinggi. 4. Tidak mudah teracuni oleh adanya sedikit kotoran. 5. Sukar dipisahkan dari campuran reaksi. 6. Mudah terurai pada temperatur tinggi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fasa padat. 2. Memiliki pusat aktif yang tidak seragam. 3. Aktivitas dan selektivitas rendah-tinggi. 4. Dapat/mudah teracuni oleh adanya kotoran 5. Mudah dipisahkan dari campuran reaksi. 6. Stabil pada temperatur tinggi.

Dalam penelitian ini akan digunakan jenis katalis NaOH. Berikut adalah penjelasan singkat dari katalis yang akan digunakan :

1. Natrium Hidroksida (NaOH)

a. Sifat fisik

Rumus Molekul	:	NaOH
Berat Molekul	:	39.9971 g/mol
Titik didih	:	1388 °C
Titik lebur	:	318 °C
<i>Specific Gravity</i>	:	1.53
Warna	:	putih
Kelarutan di metanol	:	238 g/L

(Wikipedia.org)



Gambar II.5 Natrium Hidroksida (NaOH)

Katalis basa homogen seperti Natrium Hidroksida (NaOH), merupakan katalis yang paling umum digunakan dalam proses pembuatan biodiesel karena dapat digunakan pada temperatur dan tekanan operasi yang relatif rendah serta memiliki kemampuan katalisator yang tinggi. Akan tetapi, katalis basa homogen sangat sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali dan pada akhirnya akan ikut terbuang sebagai limbah yang dapat mencemarkan lingkungan.

II.8 Parameter yang Digunakan dalam Penentuan Karakteristik Biodiesel

Beberapa parameter dalam biodiesel diantaranya (Atabani et al, 2012)

II.8.1 Viskositas Kinematik

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan terhadap gaya gravitasi. Viskositas yang tinggi menunjukkan sifat pelumasan yang lebih baik. Pada umumnya bahan bakar harus mempunyai viskositas yang relatif rendah agar dapat mudah mengalir dan teratomisasi. Hal ini disebabkan oleh putaran mesin yang cepat membutuhkan injeksi bahan bakar yang cepat pula.

II.8.2 Flash Point

Flash Point adalah temperatur dimana pada temperatur tersebut akan memicu pembakaran saat terkena api. Hal ini berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar. Jika *flash point* terlalu rendah dapat menyebabkan bahaya api. Oleh karena itu *flash point* sebaiknya ditingkatkan di atas nilai minimum yang diizinkan.

II.8.3 Densitas

Densitas adalah perbandingan jumlah massa suatu zat terhadap volumenya. Untuk mengukur densitas liquid dapat menggunakan hydrometer. Adapun alat yang lebih sering digunakan adalah piknometer. Densitas dapat berubah, tergantung pada tekanan atau temperatur.

II.8.4 Kadar Air

Kadar air dalam minyak merupakan salah satu tolak ukur mutu minyak. Makin kecil kadar air dalam minyak maka mutunya makin baik. Hal ini dapat memperkecil kemungkinan terjadinya reaksi hidrolisis yang dapat menyebabkan kenaikan kadar asam lemak bebas. Kandungan air dalam bahan bakar juga dapat menyebabkan turunnya panas pembakaran, berbusa dan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur karena akan membentuk asam.

II.9 Penelitian Terdahulu

- Khan (2002) melakukan penelitian terhadap kinetika dan katalis pada proses pembuatan biodiesel. Pada penelitian ini diteliti beberapa katalis antara lain KOH, H_2SO_4 , CaCO_3 dan CaO dengan kondisi operasi pada suhu 50-240°C, tekanan 1-50 bar dan waktu 45-180 menit, dimana pada penelitian ini menunjukkan bahwa katalis CaO dan CaCO_3 mempunyai potensi untuk dipakai sebagai katalis heterogen dalam pembuatan biodiesel.
- Lertsathapornsuk et al. (2005) melakukan penelitian pembuatan biodiesel dari *used vegetable oil* dengan menggunakan gelombang mikro. Penelitian tersebut dilakukan dengan daya listrik 800 watt dengan menggunakan variasi rasio metanol dan katalis NaOH 1%. Dari penelitian tersebut didapatkan *yield* 100% minyak kelapa pada rasio metanol 1:9 pada waktu 30 detik.
- Kouzu et al. (2008) melakukan Penelitian yang dilakukan untuk mempelajari katalis padat CaO, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCO_3 , MgO, NaOH, dan KOH untuk pembuatan biodiesel dengan menggunakan minyak kacang kedelai terhadap *yield* FAME dari biodiesel yang dihasilkan.
- Saka et al. (2006) Investigasi proses transesterifikasi pada minyak kelapa dengan kondisi supercritical metanol tanpa menggunakan katalis. Percobaan dilakukan dengan proses batch dengan suhu 350 - 400°C dan pada tekanan 45 - 65 MPa, dengan rasio molar minyak rapa terhadap metanol adalah 1:42. Pada suhu 350°C, didapatkan hasil bahwa supercritical treatment dari metanol telah cukup untuk mengubah minyak kelapa menjadi methyl esters (biodiedel) meskipun dengan *yield* yang masih kurang bila dibandingkan dengan metode penggunaan katalis. Namun reaksi pada supercritical metanol dapat mempercepat reaksi transesterifikasi dan proses pemurnian biodiesel juga lebih mudah.

- Buasri et al. (2012) membuat biodiesel dengan proses kontinyu dengan bahan baku limbah minyak goreng menggunakan *Packed Bed Reactor* dengan bantuan katalis Potassium Hydroxide yang dihasilkan dari kulit buah *Jatropha curcas* sebagai katalis padat. Pada kondisi optimum didapatkan hasil konversi sebesar 86,7 % yaitu dengan 2 jam waktu tinggal dengan rasio molar metanol / oil adalah 1 : 16 dan bed katalis setinggi 250 mm, pada suhu pemanasan 60 °C.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Garis Besar Penelitian

Proses pembuatan biodiesel dilakukan dengan menggunakan radiasi gelombang mikro (*microwave*) dengan proses reaksi kontinyu. Penggunaan *microwave* akan mempercepat waktu reaksi dengan menggunakan katalis padat. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan daya pada *microwave* pada suatu laju umpan dengan variasi tertentu. Selanjutnya digunakan jumlah katalis dalam persen massa minyak sebagai variabel.

III.2 Bahan dan Peralatan

III.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Minyak Kelapa
2. Metanol (CH_3OH 98%)
3. Katalis NaOH Padat
4. *Aquadest*

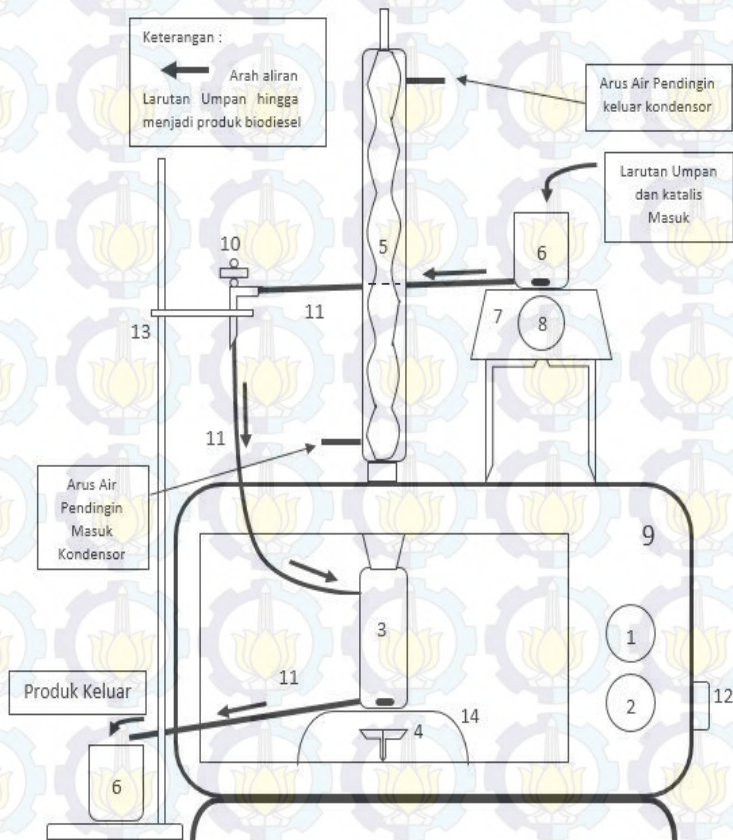
III.2.2 Peralatan

Peralatan proses yang digunakan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut:

1. *Microwave*
2. Corong Pemisah
3. Reaktor *Mix Flow*
4. *Oven*
5. *Stirrer*
6. Kondensor
7. Beaker Glass
8. Penyangga Besi
9. Kran Rootaflo
10. Selang silicon
11. Controller *Stirrer* Bawah
12. Statif dan Klem
13. Penyangga Mangkuk Kaca

14. Botol *Sampel*
15. Piknometer
16. *Viscometer ostwald*
17. Corong kaca
18. Karet Penghisap
19. Pipet mata

Rancangan peralatan yang digunakan pada proses reaksi transesterifikasi seperti pada gambar III.1 di bawah ini.



Gambar III.1 Skema Reaktor Mix Flow dan Microwave

Keterangan gambar :

1. Pengatur Daya
2. Pengatur Waktu
3. Reaktor Mix Flow & *Stirrer Bar*
4. *Stirrer* Bawah
5. Kondensor
6. Beaker Glass & *Stirrer Bar*
7. *Stirrer*
8. *Stirrer Control*
9. *Microwave*
10. Kran Rootaflo
11. Selang silicon
12. *Controller Stirrer Bawah*
13. Statif dan Klem
14. Penyangga Mangkuk Kaca

III.3 Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembuatan biodiesel dari minyak kelapa adalah proses reaksi transesterifikasi dengan menggunakan radiasi gelombang *micro* dari *microwave* secara kontinyu. Adapun langkah-langkah pengerjaannya secara singkat dijelaskan sebagai berikut:

III.3.1 Tahap Penelitian

Tahap penelitian ini meliputi beberapa tahapan, diantaranya yaitu :

A. Perlakuan Pendahuluan

1. Mengukur perbandingan volume minyak kelapa dan metanol sesuai kondisi operasi yang ditentukan untuk direaksikan

2. Menimbang berat katalis sesuai variable yang ditentukan

3. Mencampur dan mengaduk katalis dengan metanol sesuai perbandingan yang telah ditentukan pada *stirrer* tanpa proses pemanasan

B. Tahap Transesterifikasi dan Pemisahan

1. Menambahkan minyak kelapa ke dalam larutan metanol dan katalis yang telah dicampur sebelumnya, dan diaduk sebentar agar minyak kelapa bercampur secara homogen.

2. Mengatur daya di dalam *microwave* yang disesuaikan dengan variabel.

3. Mengalirkan dan memanaskan campuran di dalam *microwave* dengan laju umpan campuran yang telah ditentukan dari variable putaran kran rootaflo

4. Setelah proses transesterifikasi selesai, memindahkan hasil proses reaksi ke dalam corong pemisah.

5. Mendinginkan dan mendinginkan campuran selama 1 jam hingga terbentuk dua lapisan yaitu lapisan atas dan bawah

6. Memisahkan lapisan atas (biodiesel) dan lapisan bawah (gliserol) dengan corong pemisah

7. Mencuci biodiesel dari *impurities* yang masih tersisa selama pemisahan menggunakan *aquadest* pada suhu kamar dengan volume 30% dari volume total larutan sebanyak kurang lebih 3 kali dengan mendinginkannya

kurang lebih selama setengah jam hingga terbentuk 2 lapisan atas (biodiesel) dan bawah (*aquadest* bersama impurities).

8. Menuangkan biodiesel ke dalam botol *sampel* dan memanaskan larutan biodiesel selama 1 jam di dalam oven dengan suhu 100°C.
9. Mendinginkan biodiesel hingga mencapai suhu ruangan dan menimbang massanya untuk menghitung *yield*, kemudian menghitung viskositas, dan densitasnya.

III.3.2 Tahap Analisis Hasil

Menganalisa biodiesel yang diperoleh untuk mengetahui kualitas biodiesel dengan parameter uji sebagai berikut:

- a. Densitas
 - Peralatan
 - Piknometer
 - Neraca analitik
 - Pipet
 - mata
- b. Viskositas
 - Peralatan
 - *Viscometer ostwald*
 - *Stopwatch*
 - Karet penghisap
 - Gelas ukur 10 ml
 - Beaker Glass
 - Statis dan penjepit

c. % FFA

- Peralatan
 - Buret 25 ml
 - Etanol
 - Indikator PP
 - NaOH
 - Erlenmeyer
 - Pipet tetes
 - Sampel bahan

d. *Yield* Biodiesel

e. Analisis *Gas Chromatographic* (GC)

III.4 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada 3 jenis, yaitu % konsentrasi katalis, daya *microwave*, dan laju umpan di *microwave*. Variabel tiap jenisnya adalah sebagai berikut:

- % Konsentrasi Katalis : 0,25; 0,5; 1
- Daya *Microwave* (watt) : 100; 264; 400; 600; 800
- Laju umpan (ml/s) : 0,73; 1,25; 1,72

III.5 Kondisi Operasi

Kondisi operasi yang tetap dijaga dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tekanan atmosferik 1 atm
2. Ratio massa metanol dan minyak kelapa adalah 1:9

III.6 Analisa Data

Biodiesel yang diperoleh dari reaksi transesterifikasi minyak kelapa menggunakan katalis padat dianalisa dengan beberapa pengukuran untuk mengetahui kadar dan kualitas.

1. *Yield Biodiesel*

$$Yield = \frac{\text{Massa sampel (FAME)} \times 100 \%}{\text{Massa minyak kelapa}}$$

2. % FFA Biodiesel

$$\% \text{ FFA} = \frac{(V \text{ NaOH} \times M \text{ NaOH} \times \text{BM NaOH}) \times 100 \%}{\text{Massa sampel} \times 1000}$$

3. Densitas Biodiesel

$$\text{Densitas} = \frac{\text{Massa (pikno dan sampel - pikno kosong)}}{\text{Volume sampel}}$$

4. Viskositas

$$\text{Viskositas} = \text{Waktu pengukuran} \times \text{Konstanta Alat}$$

Untuk menganalisis pengaruh variabel terhadap parameter yang diuji maka dilakukan plotting data antara daya, % konsentrasi katalis, laju umpan terhadap % *yield*, densitas, viskositas biodiesel.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian pembuatan biodiesel ini, bahan baku yang digunakan adalah minyak kelapa, katalis padat NaOH serta metanol. Perbandingan mol minyak kelapa dengan metanol yang digunakan adalah 1:9. Pembuatan biodiesel dilakukan pada variasi daya *microwave* yang digunakan yaitu 100, 264, 400, 600 dan 800 Watt dengan katalis NaOH. Jumlah persen katalis masing-masing adalah 0,25%; 0,5%; 0,1%. Laju umpan yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,73; 1,25; 1,72 ml/s. Pembuatan biodiesel ini dilakukan dengan semua variabel yang ada untuk mengetahui pengaruh dari ketiga macam variabel pada produk biodiesel yang dihasilkan.

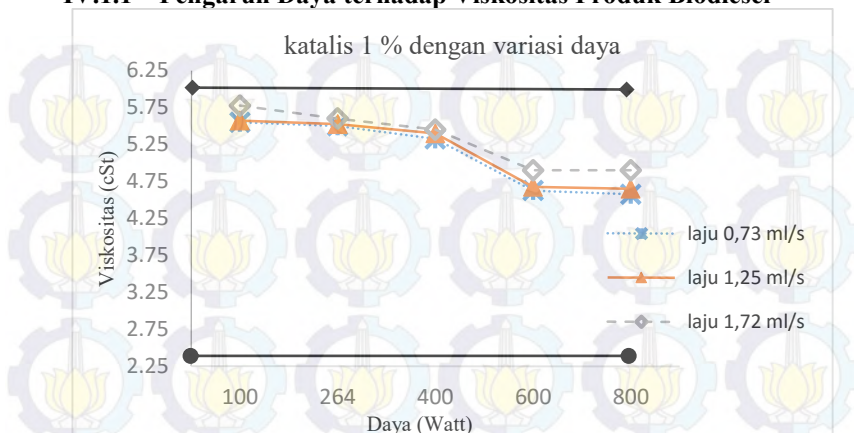
Tahapan awal sebelum melakukan percobaan dilakukan beberapa analisis data fisis minyak kelapa, yaitu densitas, viskositas, dan %FFA (*Free Fatty Acid*). Didapatkan data minyak kelapa dengan densitas sebesar 0,913 g/ml, viskositas minyak kelapa yaitu 27,15 cSt dan %FFA minyak kelapa sebesar 0,225 %.

IV. 1 Pengaruh Daya terhadap Produk Biodiesel

Minyak kelapa mempunyai viskositas kinematik yang tinggi, yaitu sebesar 25 - 30 cSt (APCC Standard for Virgin Coconut Oil, 2008).

Dengan adanya proses transesterifikasi minyak kelapa menjadi biodiesel, maka akan terjadi penurunan pada viskositas kinematiknya. Standar viskositas pada biodiesel adalah 2,3 – 6,0 cSt. Dari uji yang dilakukan pada biodiesel standard (20 % biodiesel dan 80 % solar) didapatkan viskositasnya adalah 2,7 cSt (SNI 2012). Dimana nilai viskositas ini akan digunakan sebagai acuan pada analisis penelitian ini. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pengaruh daya terhadap viskositas dapat dilihat pada grafik di bawah ini:

IV.1.1 Pengaruh Daya terhadap Viskositas Produk Biodiesel



Gambar IV.1 Pengaruh Daya terhadap Viskositas Produk dengan 1 % Katalis NaOH

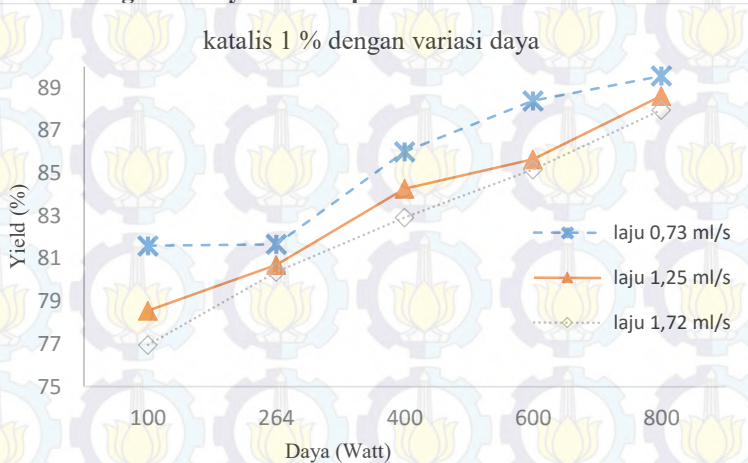
Gambar IV.1 menunjukkan bahwa nilai viskositas biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan katalis NaOH cenderung menurun. Dengan semakin besarnya daya yang digunakan, maka transfer gelombang micro akan semakin cepat, dan semakin tinggi temperature yang dihasilkan gelombang, maka tumbukan dalam liquid semakin cepat sehingga reaksi pembentukan semakin cepat pula. Maka akan memperkecil viskositas cairan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar daya pada proses transesterifikasi, maka nilai viskositas yang didapatkan semakin kecil. Viskositas terkecil yang didapatkan adalah 4,58 cSt, dimana nilai ini sesuai dengan standard viskositas biodiesel pada SNI 7182-2012. Nilai ini didapatkan pada laju umpan 0,73 ml/s dengan variabel konsentrasi 1% dan daya 800 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa pada daya 800 Watt merupakan daya yang terbaik dari daya yang diujikan. Hal ini dikarenakan pada 100, 264, 400, 600, 800 Watt masih menunjukkan adanya kecenderungan nilai dari viskositas yang terus menurun. Dengan demikian, adanya peningkatan daya akan memberikan efek thermal yang besar yang ditandai dengan adanya kenaikan suhu dan peningkatan viskositas produk biodiesel yang dihasilkan (Quitain et al, 2010).

Pada daya tersebut, nilai viskositas yang sesuai standard SNI adalah pada semua daya yaitu 100, 264, 400, 600, 800 Watt. Dimana nilai viskositasnya semua masuk range standart SNI. Hal ini menunjukkan

bahwa besar daya yang digunakan berbanding lurus dengan peningkatan viskositas produk biodiesel yang dihasilkan (Evangelista et al, 2012).

Pentingnya nilai viskositas biodiesel ini karena dapat mempengaruhi kinerja dari mesin dan karakter emisinya. Semakin tinggi nilai viskositas menyebabkan meningkatnya kebutuhan energi yang dibutuhkan untuk pompa dan injeksi bahan bakar (Tesfa et al, 2010).

IV.1.2 Pengaruh Daya terhadap *Yield* Produk Biodiesel



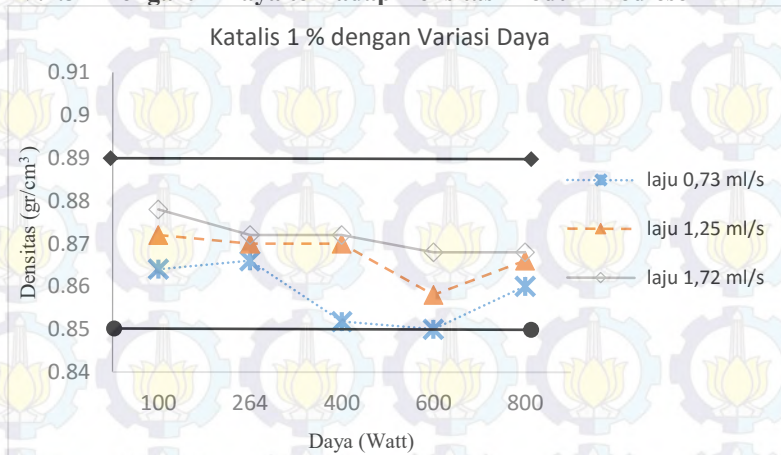
Gambar IV.2 Pengaruh Daya terhadap *yield* Produk dengan 1% Katalis NaOH

Gambar IV.2 menunjukkan bahwa semakin besar daya yang digunakan, maka *yield* yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Meningkatnya nilai dari *yield* ini dikarenakan semakin besar daya yang digunakan, maka semakin banyak trigliserida dalam minyak kelapa yang akan bereaksi dengan metanol dan menghasilkan biodiesel lebih banyak. Pada daya 100, 264, 400, 600, dan 800 Watt terlihat bahwa masih ada kecenderungan dari *yield* itu naik, hal ini dikarenakan proses berjalan secara kontinyu sehingga waktu kontak di reaktor sedikit dan sedikitnya waktu kontak tidak menyebabkan biodiesel rusak oleh daya 800 Watt. Nilai *yield* pada konsentrasi katalis 1 % dan laju umpan 0,73 ml/s dengan daya 100, 264, 400, 600, dan 800 Watt berturut-turut adalah 81,6 ; 81,66 ; 86 ; 88,39 ; 89,55 %, sedangkan pada laju umpan 1,25 ml/s adalah 78,55 ; 80,7 ; 84,27 ; 85,65 ; 88,61 %, sedangkan pada laju umpan 1,72 ml/s adalah 76,96 ; 80,37 ; 82,91 ; 85,17 ; 87,95 %. Dari data-data tersebut terlihat

bahwa *yield* terbaik pada daya 800 Watt dan laju umpan 0,73 ml/s yaitu 89,55 . Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu yang dibutuhkan pada proses transesterifikasi maka akan menghasilkan tingginya *yield* dari biodiesel. (Serio et al, 2008)

Hal ini juga menunjukkan bahwa proses pembuatan biodiesel dengan menggunakan gelombang mikro dapat memberikan *yield* yang maksimal meskipun dengan waktu pemanasan yang lebih singkat dibandingkan dengan metode konvensional. (Gude et al, 2013)

IV.1.3 Pengaruh Daya terhadap Densitas Produk Biodiesel



Gambar IV.3 Pengaruh Daya terhadap Densitas Biodiesel dengan 1 % Katalis NaOH

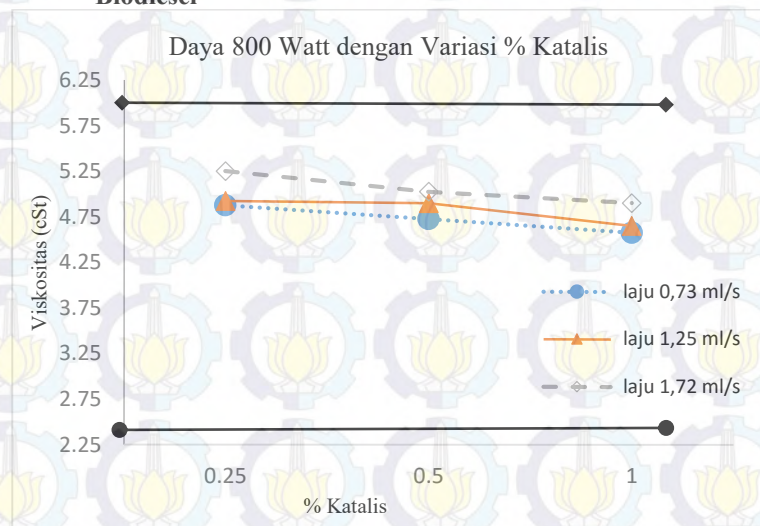
Gambar IV.3 menunjukkan bahwa nilai densitas biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan katalis NaOH cenderung menurun dengan semakin meningkatnya daya. Densitas sebanding dengan viskositas yang dihasilkan terhadap variabel daya yang digunakan. Densitas terkecil yang didapatkan adalah 0,848 ml/s ,dimana nilai ini sesuai dengan standard densitas Biodiesel pada SNI 7182-2012. Nilai ini didapatkan pada laju umpan 0,73 ml/s dengan variable konsentrasi 1% dan daya 800 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa pada daya 800 Watt merupakan daya yang terbaik dari daya yang diujikan. Hal ini dikarenakan pada 100, 264, 400, 600, 800 Watt masih menunjukkan adanya kecenderungan nilai dari densitas yang terus menurun. Dengan demikian, adanya peningkatan daya akan memberikan efek thermal yang

besar yang ditandai dengan adanya kenaikan suhu dan peningkatan densitas produk biodiesel yang dihasilkan (Quitain et al, 2010).

Pada daya tersebut, nilai densitas yang sesuai standard SNI adalah pada semua daya yaitu 100, 264, 400, 600, 800 Watt. Dimana nilai densitasnya semua masuk range standart SNI. Hal ini menunjukkan bahwa besar daya yang digunakan berbanding lurus dengan peningkatan densitas produk biodiesel yang dihasilkan (Evangelista et al, 2012).

IV.2 Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap Produk Biodiesel

IV.2.1 Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap Viskositas Produk Biodiesel

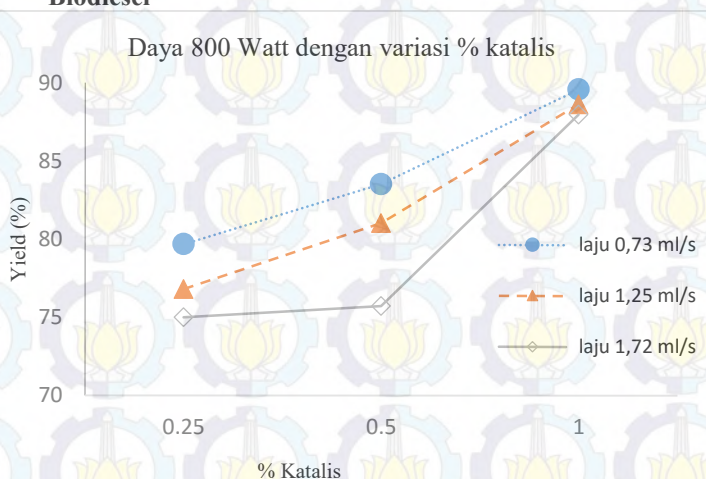


Gambar IV.4 Pengaruh Konsentrasi Katalis NaOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 800 Watt

Gambar IV.4 dapat dilihat bahwa grafik tersebut menunjukkan pada konsentrasi katalis NaOH 0,25%; 0,5%; 1% pada daya 800 Watt dan variasi laju umpan menghasilkan viskositas yang semakin kecil berbanding terbalik dari pertambahan konsentrasi katalis. Hasil viskositas sesuai dengan standard SNI dari biodiesel yaitu 2,3 – 6 cSt. Nilai viskositas pada laju umpan 0,73ml/s dan konsentrasi katalis 0,25%; 0,5%; 1% adalah 5,25; 5,03; 4,9 cSt, sedangkan pada laju umpan 1,25 ml/s didapatkan viskositas sebesar 4,93; 4,9; 4,65 cSt, sedangkan pada laju umpan 1,72 ml/s didapatkan viskositas sebesar 4,88; 4,73; 4,58 cSt.

Viskositas terbesar dari grafik di atas adalah 5,25 cSt dan viskositas terkecil adalah 4,58 cSt. Dapat dilihat bahwa semua hasil pada konsentrasi katalis diatas sudah mendapatkan viskositas biodiesel yang sesuai standard SNI, kualitas terbaik yaitu viskositas yang paling kecil.

IV.2.2 Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap *Yield* Produk Biodiesel

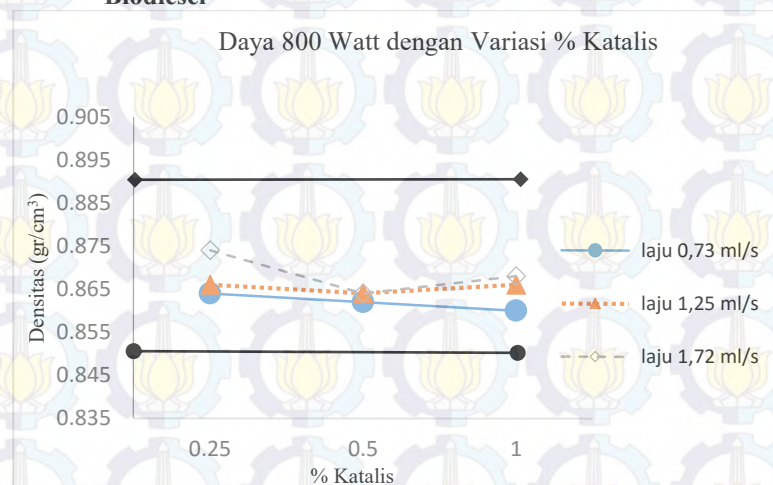


Gambar IV.5 Pengaruh Konsentrasi Katalis NaOH terhadap *Yield* Produk pada Daya 800 Watt

Gambar IV.5 pada daya 800 Watt dapat dilihat bahwa semakin banyak katalis yang digunakan khususnya pada konsentrasi katalis 0,25%; 0,5%; 1%, maka *yield* yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Meningkatnya nilai dari *yield* ini dikarenakan semakin banyak konsentrasi katalis dan laju umpan yang lambat yaitu 0,73 ml/s, maka semakin banyak trigliserida dalam minyak kelapa yang akan bereaksi dengan metanol dan menghasilkan biodiesel lebih banyak dan laju umpan yang lambat membuat waktu tinggal reaktan bertambah lama. Nilai *yield* pada daya 800 Watt dan laju umpan 0,73 ml/s berturut turut pada konsentrasi katalis 0,25% ; 0,5% ; 1 % adalah 79,67; 83,5; 89,55% sedangkan pada laju umpan 1,25 ml/s adalah 76,8; 81,01; 88,61%, sedangkan pada laju umpan 1,72 ml/s adalah 75,01 ;75,71 ;87,95%. Dari data-data tersebut terlihat bahwa *yield* terbaik pada konsentrasi katalis 1% dan laju umpan 0,73 ml/s yaitu 89,55 .Semakin banyak konsentrasi katalis

yang tepat maka akan meningkatkan *yield* dan laju umpan yang lambat mempengaruhi waktu tinggal reaktan di reactor. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu yang dibutuhkan pada proses transesterifikasi maka akan menghasilkan tingginya *yield* dari biodiesel (Serio et al, 2008).

IV.2.3 Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap Densitas Produk Biodiesel

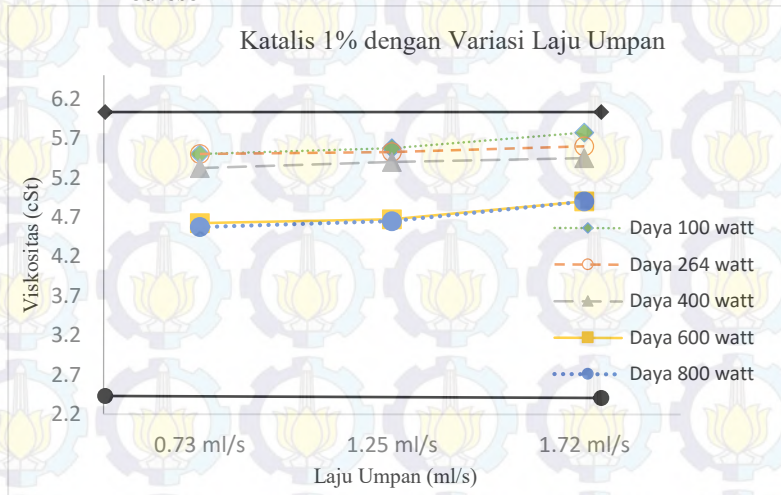


Gambar IV.6 Pengaruh Konsentrasi Katalis NaOH terhadap Densitas Produk pada Daya 800 Watt

Gambar IV.6 dapat dilihat bahwa grafik tersebut menunjukkan pada konsentrasi katalis NaOH 0,25%; 0,5%; 1% pada daya 800 Watt dan variasi laju umpan, umumnya menghasilkan densitas yang semakin kecil berbanding terbalik dari pertambahan konsentrasi katalis, meskipun hasilnya ada dari beberapa titik yang mengalami pertambahan densitas. Hasil densitas ini sesuai dengan standard SNI dari biodiesel yaitu 0,85 – 0,89 g/cm³. Nilai densitas pada laju umpan 0,73 ml/s dan konsentrasi katalis 0,25%; 0,5%; 1% adalah 0,864; 0,862; 0,86 g/cm³, sedangkan pada laju umpan 1,25 ml/s didapatkan densitas sebesar 0,866; 0,864; 0,866 g/cm³. sedangkan pada laju umpan 1,72 ml/s didapatkan viskositas sebesar 0,874; 0,864; 0,868 gr/cm³. Densitas terbesar dari grafik IV.6 adalah 0,874 g/cm³ dan Densitas terkecil adalah 0,86 g/cm³. Dapat dilihat bahwa semua hasil pada konsentarasasi katalis diatas sudah mendapatkan densitas biodiesel yang sesuai SNI.

IV.3 Pengaruh Laju umpan terhadap Produk Biodiesel

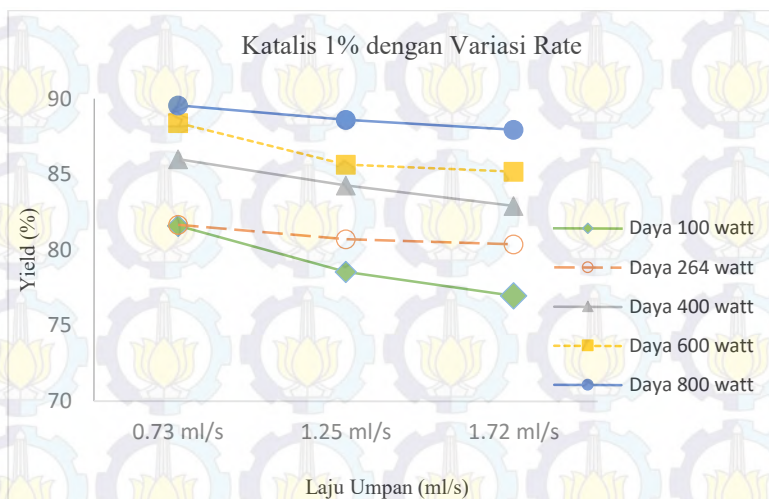
IV.3.1 Pengaruh Laju umpan terhadap Viskositas Produk Biodiesel



Gambar IV.7 Pengaruh Laju Umpan terhadap Viskositas Produk pada Daya 800 Watt

Gambar IV.7 dapat dilihat bahwa semakin besar laju umpan yang digunakan, maka viskositas yang dihasilkan juga akan semakin besar. Berkurangnya nilai dari viskositas ini dikarenakan laju umpan yang kecil menyebabkan semakin lama waktu tinggal di reaktor, sehingga semakin banyak trigliserida dalam minyak kelapa yang akan bereaksi dengan metanol dan menghasilkan biodiesel lebih banyak. Pada laju umpan 0,73; 1,25; 1,72 ml/s terlihat bahwa viskositas pada daya 800 Watt nilainya berturut-turut yaitu 4,58; 4,65; 4,9 cSt, pada daya 600 Watt yaitu 4,63; 4,68; 4,9 cSt, pada daya 400 Watt yaitu 5,33; 5,4; 5,45 cSt, pada daya 264 Watt yaitu 5,5; 5,53; 5,6 cSt, pada daya 100 Watt yaitu 5,5; 5,58; 5,78 cSt. Dari hasil data viskositas tersebut di dapatkan viskositas tertinggi pada daya 100 Watt dengan laju umpan 1,72 ml/s yaitu sebesar 5,78 cSt, sedangkan viskositas terendah terdapat pada daya 800 Watt dengan laju umpan 0,73 ml/s yaitu 4,58 cSt. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil laju umpan pada proses transesterifikasi maka akan menghasilkan viskositas yang lebih kecil.

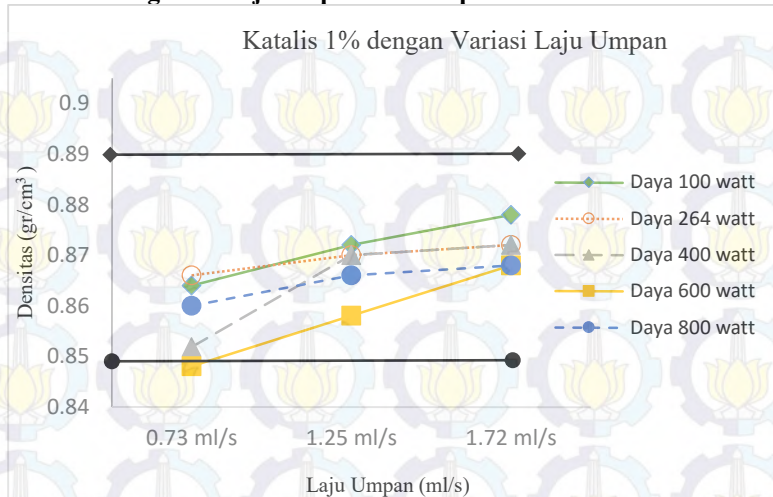
IV.3.2 Pengaruh Laju umpan terhadap *Yield* Produk Biodiesel



Gambar IV.8 Pengaruh Laju Umpan terhadap *Yield* Produk pada Daya 800 Watt

Gambar IV.8 dapat dilihat bahwa semakin besar laju umpan yang digunakan, maka *yield* yang dihasilkan akan semakin kecil. Berkurangnya nilai dari *yield* ini dikarenakan laju umpan yang besar menyebabkan semakin cepat laju umpan dan semakin sedikit waktu tinggal di reaktor, sehingga semakin sedikit trigliserida dalam minyak kelapa yang akan bereaksi dengan metanol dan menghasilkan biodiesel. Pada laju umpan 0,73; 1,25; 1,72 ml/s terlihat bahwa viskositas pada daya 800 Watt nilainya berturut-turut yaitu 89,55; 88,61; 87,95 %, pada daya 600 Watt yaitu 88,39; 85,65; 85,17%, pada daya 400 Watt yaitu 86; 84,27; 82,91 %, pada daya 264 Watt yaitu 81.66; 80,7; 80,37 %, pada daya 100 Watt yaitu 81.6; 78,55; 76,96 %. Dari hasil data tersebut di dapatkan *yield* tertinggi pada daya 800 Watt dengan laju umpan 0,73 ml/s yaitu sebesar 89,55 %. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil laju umpan pada proses transesterifikasi maka akan menghasilkan *yield* yang lebih besar.

IV.3.3 Pengaruh Laju umpan terhadap Densitas Produk Biodiesel



Gambar IV.9 Pengaruh Laju Umpan terhadap Densitas Produk pada Daya 800 Watt

Gambar IV.9 dapat dilihat bahwa semakin besar laju umpan yang digunakan, maka densitas yang dihasilkan juga akan semakin besar. Berkurangnya nilai dari densitas ini dikarenakan laju umpan yang kecil menyebabkan semakin lama waktu tinggal di reaktor, sehingga semakin banyak trigliserida dalam minyak kelapa yang akan bereaksi dengan metanol dan menghasilkan biodiesel lebih banyak. Pada laju umpan 0,73; 1,25; 1,72 ml/s terlihat bahwa densitas pada daya 800 Watt nilainya berturut-turut yaitu 0,86; 0,866; 0,868 gr/cm^3 , pada daya 600 Watt yaitu 0,848; 0,858; 0,868 gr/cm^3 , pada daya 400 Watt yaitu 0,8518; 0,870; 0,872 gr/cm^3 , pada daya 264 Watt yaitu 0,866; 0,870; 0,872, pada daya 100 Watt yaitu 0,864; 0,872; 0,878 gr/cm^3 . Dari hasil data densitas tersebut di dapatkan densitas tertinggi pada daya 100 Watt dengan laju umpan 1,72 ml/s yaitu sebesar 0,878 gr/cm^3 , sedangkan viskositas terendah terdapat pada daya 600 Watt dengan laju umpan 0,73 ml/s yaitu 0,848 gr/cm^3 . Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil laju umpan pada proses transesterifikasi maka akan menghasilkan densitas yang lebih kecil..

IV.4 Karakteristik Kualitas Produk Biodiesel

Pada Tabel IV.1 menunjukkan karakteristik kualitas sampel produk biodiesel dengan menggunakan katalis NaOH pada konsentrasi katalis NaOH 1%, laju umpan 0,73 ml/s dengan daya 400 Watt, menunjukkan bahwa hasil produk biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi kualitas SNI 7128:2012.

Tabel IV.1 Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan Katalis NaOH

No.	Pengujian	SNI 7128:2012	Hasil Pengujian	Metode Uji
1.	Densitas pada 40 °C (gram/cm ³)	0,850-0,890	0,8763	ASTM D-1298
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C (cSt)	2,3 – 6,0	3,057	ASTM D-7279
3.	Titik nyala (°C)	≥100	108	ASTM D-93
4.	Titik tuang (°C)	≤18	-3	ASTM D-97

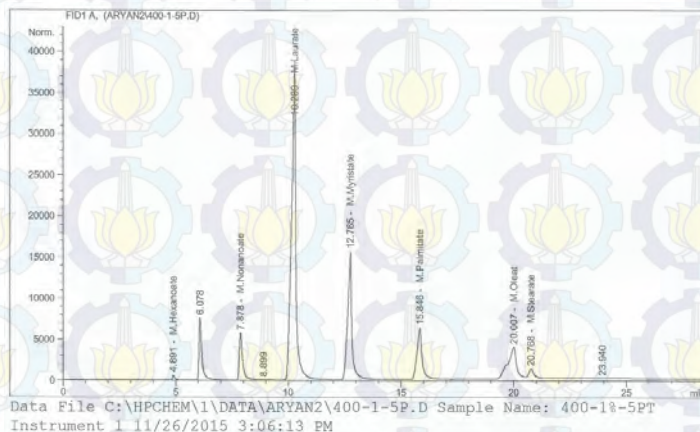
Dari tabel di atas didapatkan hasil uji dari laboratorium PT. Pertamina dimana dipilih 4 poin penting yang diuji yaitu densitas, viskositas, titik nyala, dan titik tuang. Sampel yang telah diuji pada tabel berdasarkan pada variabel terbaik yaitu daya 800 watt, katalis 1%, dan laju umpan 0,73 ml/s Hasil viskositas menunjukkan angka yang lebih baik dari hasil uji manual pada variabel yang sama sebesar 4,58 cSt. Hasil densitas juga menunjukkan angka yang baik dan berbeda tipis dari uji manual pada variabel yang sama yaitu sebesar 0,86 gram/cm³.

Titik nyala adalah titik/suhu dimana saat uap biodiesel tepat akan terbakar dalam waktu singkat. Dari hasil diatas titik nyala produk telah memenuhi syarat kelayakan biodiesel sesuai SNI 7128:2012 sebesar 108 °C pada variabel yang sama.

Titik tuang adalah titik/suhu dimana biodiesel tepat membeku secara keseluruhan. Dari hasil diatas titik tuang produk telah memenuhi syarat kelayakan biodiesel sesuai SNI 7128:2012 Sebesar -3 °C pada variabel yang sama.

IV.5 Hasil Analisa Gas Chromatography (GC) pada produk Biodiesel

Analisa Gas Chromatography (GC) bertujuan untuk mengetahui komponen asam lemak yang terbentuk menjadi *fatty acid methyl ester* (FAME).



Gambar IV.10 Hasil Analisa GC dari Biodiesel dengan menggunakan Katalis NaOH

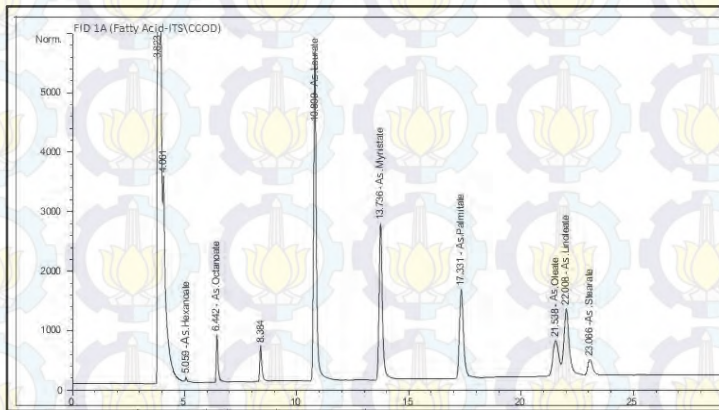
Tabel IV.2 Analisa GC pada Biodiesel

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [(mg/L)]	Grp	Name
4.891	PB +	4366.70850	2.82336	1.23288e4		M.Hexanoate
6.381		-	-	-		M.Octanoate
7.878	PB +	5.92701e4	2.65006	1.57069e5		M.Nonanoate
10.289	PB S+	5.23702e5	1.50963	7.90598e5		M.Laurate
12.765	PB +	2.01383e5	1.40223	2.82385e5		M.Myristate
15.846	PB +	9.90548e4	1.24695	1.23517e5		M.Palmitate
19.000		-	-	-		M.Heptadecanoate
20.007	PV +	1.02088e5	3.19025e-1	3.25686e4		M.Oleat
20.766	VB +	2.05133e4	4.82475e-1	9897.13845		M.Stearate
25.876		-	-	-		M.Arachidate
Totals :				1.40836e6		

*** End of Report ***

Tabel IV.3 Komposisi dari Analisa GC pada Biodiesel

Nama Komponen	Jumlah (mg/L)	Komposisi
As. Oktanoat	-	-
As. Dekanoat	12.328,8	0,99
As. Laurat	790.598	63,18
As. Miristat	282.385	22,57
As. Palmitat	123.517	9,87
As. Stearat	9897,14	0,79
As. Oleat	32568,6	2,60
As. Linoleat	-	-
TOTAL	1.251.294,54	1



Gambar IV.11 Hasil Analisa GC pada Minyak Kelapa Barco

Tabel IV.4 Komposisi dari Analisis GC pada Minyak Kelapa

Nama Komponen	Jumlah (mg/L)	Komposisi
As. Oktanoat	464,8995	0,0027
As. Dekanoat	6732,343	0,0391
As. Laurat	70957,44	0,4121
As. Miristat	41152,22	0,2390
As. Palmitat	28410,53	0,1650
As. Stearat	5406,609	0,0314
As. Oleat	16288,7	0,0946
As. Linoleat	2772.179	0,0161
TOTAL	172.185	1

Berdasarkan hasil analisa GC pada Tabel IV.2 dan Tabel IV.3 diketahui bahwa komposisi asam lemak minyak kelapa merk Barco yang terbentuk menjadi metil ester pada produk biodiesel di dominasi oleh Metil Laurat sebesar 63,18 % dan Metil Miristat sebesar 22,57 %. Hasil ini sesuai dengan hasil GC bahan baku dengan komposisi minyak kelapa yang menyebutkan bahwa asam lemak yang dominan dalam minyak kelapa adalah Asam Laurat adalah 41,21 % dan Asam Miristat 23,9 %. Dari data diatas menunjukkan bahwa asam lemak bebas yang berada pada minyak kelapa mengikat gugus alkil pada metanol dan menghasilkan metil ester tiap komponen asam lemak bebasnya. Metil ester ini biasa disebut dengan FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) atau biodiesel.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

1. Pembuatan biodiesel secara kontinyu berhasil dilakukan pada reaksi trans-esterifikasi dengan pemanasan gelombang micro (*microwave*)
2. Semakin tinggi daya microwave, semakin tinggi % konsentrasi katalis, dan semakin lambat laju umpan (proses pemanasan semakin lama), semakin tinggi yield biodiesel yang dihasilkan, sementara viskositas dan densitas biodiesel semakin kecil
3. Proses kontinyu memperoleh *yield* biodiesel terkecil 71,76 % pada daya 100, Watt, konsentrasi katalis 0,25 %, dan laju umpan 1,72 ml/s dan *yield* terbaik 89.55% pada daya 800 Watt, konsentrasi katalis 1 %, dan laju umpan 0,73 ml/s
4. Produk Biodiesel yang dihasilkan dengan proses kontinyu sudah sesuai dengan karakteristik SNI Biodiesel

V.2 Saran

Perlu merenovasi alat agar pengkondisian reaksi di reaktor lebih optimal dan efisien sehingga lebih ekonomis dan hasil *yield* bisa optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, A.K., Das, L.M. 2001. *"Biodiesel development and characterization for use as a fuel in compression ignition engines"*. Journal of Engineering for Gas Turbines & Power, 123, 440-447
- Atabani, A.E., Silitonga A.S, Irfan Anjum Badrudin., Mahlia T.M.I., Masjuki H.H., & Mekhilef S., 2012. *"A Comprehensive Review on Biodiesel as An Alternative Energy Resource and its Characteristics"*. Malaysia: University of Malaysia
- Buasri, Achanai., Nattawut Chaikut., Vorrada Loryuenyong., Chao Rodklum., Techit Chaikwan., & Nanthakrit Kumphan. 2012. *" continuous process for Biodiesel Production in Packed Reactor from Waste Frying Oil Using Potassium Hydroxide Supported on Jatropha curcas Fruit Shell as Solid Catalyst"*. Thailand: Silpakorn University
- Cook, James. 1983. *"Thermal Efficiency of Coconut Oil as A Compression Ignition Fuel"*. Townsville Australia: University of North Queensland
- Department, Physics. 1983. *"Thermal Efficiency of Ccoconut Oil as a Compression Ignition Fuel"*. Townsville Australia: Jamescook University of North Queensland
- Evangelista, Joao P.C., Thiago Chellapa., Ana C.F. Coriolano., Valter J. Fernandes Jr., Luiz D. Souza., & Antonio S. Araujo. 2012. *"Synthesis of Alumina Impregnated with Potassium Iodide Catalyst for Biodiesel Production from Rice Bran Oil"*. Brazil: Federal University of Rio Grande do Norte
- Freedman, B., Butterfield R.O., & Pryde E.H. 1986. *" Transesterification Kinetics of Soybean Oil"*. Amerika: J.Am. Oil Chem.Society

- Gude, Veera Gnaneswar., Prafulla Patil., Edith Martinez-Guerra., Shuguang deng., & Nagamany Nirmalakhandan. 2013. *"Microwave Energy Potential for Biodiesel Production"*. Amerika: Mississippi State University
- Gryglewicz, S. 1999. *"Rapeseed Oil Methyl Esters Preparation using Heterogeneous Catalysts"*. Poland: Institute of Chemistry and Technology of Petroleum and Coal
- Hikmah, Maharani Nurul., & Zuliyana. 2010. *"Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi"*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Hui, Y.H. 1996. *"Bailey's Industrial Oil and Fat Products: Industrial and Consumer Non Edible Products from Oils and Fats"*. New York: John Wiley & Sons
- Joelianingsih., Armansyah H. Tambunan., Hiroshi Nabetani., Yasuyuki Sagara., & Kamaruddin Abdullah. 2006. *"Perkembangan Proses Pembuatan Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Nabati (BBN)"*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Ketaren, S. 1986. *"Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan"*. Jakarta : UI-Press
- Khan, Adam Karl. 2002. *"Research into Biodiesel Kinetics & Catalyst Development"*. Brisbane: University of Queensland
- Kouzu, Masato., Takekazu, Kasuno., Masahiko Tajika., Yoshikazu Sugimotoc., Shinya Yamanakad., & Jusuke Hidakad. 2008. *"Calcium Oxide as a Solid Base Catalyst for Transesterification of Soybean Oil and Its Application to Biodiesel Production"*. Kyoto: Doshisha University
- Lertsathapornasuk, V., Pairintra., & Krisnangkura. 2008. *"Direct Conversion of Used Vegetable Oil to Biodiesel and Its Use as an Alternative Fuel for Compression Ignition Engine"*. Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi

- Quitain, T.A., Hrioyuki D., Katoh, S., & Moriyoshi, T. 2011. *"Microwave-Assisted hydrothermal degradation of silk protein to amino acids"*. Japan: Kumamoto University
- Saka, Shiro., Dadan Kusdiana., & Eiji Minami. 2006. *"Non-catalytic biodiesel fuel production with supercritical methanol technologies"*. Japan: Kyoto University
- Santoso, Herry., Ivan Kristianto., & Aris Setyadi. 2013. *"Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit Telur"*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan
- Schuchardt, Ulf., Ricardo Sercheli., & Rogerio Matheus Vargas. 1998. *"Transesterification of Vegetable Oils: a Review"*. Brazil: Universidade federal da Bahia
- Serio, Martino Di., Ricardo Tesser., Lu Pengmei., & Elio Santacesaria. 2008. *"Heterogeneous Catalysts for Biodiesel Production"*. Napoli: Universita di Napoli
- Sivasamy, Arumugam., Cheah, KY., Fornasiero, P., Kemausuor, F., Zinoviev, S., & Miertus, S. 2009. *"Catalytic Applications in the Production of Biodiesel from Vegetable Oils"*. Weinheim: Willey-VCH Verlag GmbH & Co
- SNi. 1995. *"SNi 01-3741-1995 Syarat Mutu Minyak Goreng"*. Jakarta: Departemen Perindustrian
- SNi. 2012. *"SNi 7182:2012 Biodiesel"*. Jakarta: BSN
- Tesfa, B, Mishra R., Gu F., & Powles N. 2010. *"Prediction Models for Density and Viscosity of Biodiesel and Their Effects on Fuel Supply System in CI Engines"*. Queensgate: University of Huddersfield
- Widodo, C.S. 2008. *"Studi Penggunaan Microwave pada Proses Transesterifikasi Secara Kontinyu untuk Menghasilkan Biodiesel"*. Malang: Universitas Brawijaya.
- www.apccsec.org . *"APCC Standard for Virgin Coconut Oil"*. diakses pada tanggal 20 Desember 2015, pukul 13:15
- www.Wikipedia.org . *"Methanol"*. diakses pada tanggal 2 November 2015, pukul 12:30

LAMPIRAN A CONTOH PERHITUNGAN

RASIO LARUTAN UMPAN

Tabel A.1

Komponen	BM (g/mol)	volume (ml)	densitas (g/ml)	massa (g)	n (mol)	rasio feed
MK Barco	718.31	50	0.913	45.65	0.064	1
Metanol	32.04	23.14	0.792	18.33	0.572	9

Keterangan : MK = Minyak Kelapa

Metanol

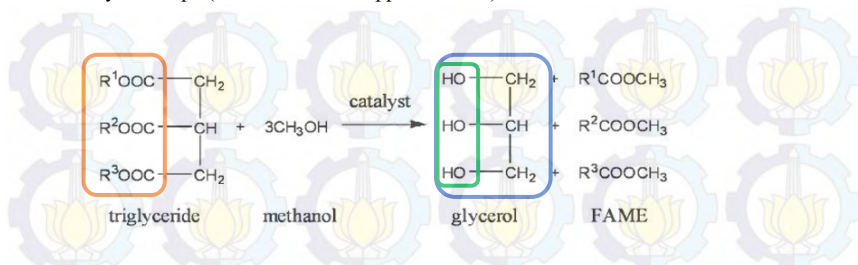
$$\begin{aligned}
 \text{massa metanol} &= \text{densitas} \times \text{volume} \\
 &= 0.792 \text{ g/ml} \times 23.14 \text{ ml} \\
 &= 18.33 \text{ g} \\
 \text{mol metanol} &= \text{massa} / \text{BM} \\
 &= 18.33 \text{ g} / 32.04 \text{ g/mol} \\
 &= 0.572 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

Minyak Kelapa

Tabel A.2

Jenis Asam Lemak	Fraksi	BM (g/mol)
Oktanoat (C8)	0.0027	144.21
Dekanoat (C10)	0.0391	172.26
Laurat (C12)	0.4121	200.32
Miristat (C 14)	0.2390	228.38
Palmitat (C16)	0.1650	256.43
Stearat (C18)	0.0314	284.48
Oleat (C18)	0.0946	282.46
Linoleat (C18)	0.0161	280.45
Total	1	231.12
Rata-rata		

BM Minyak Kelapa (data diambil dari appendix A.2)



BM Gliserol 92.094 g/mol

BM Gugus Hidroksil 18 g/mol

$$\begin{aligned}
 \text{BM} &= \text{BM Gliserol} + 3 \times \text{BM Asam Lemak} - 3 \times \text{BM Gugus Hidroksil} \\
 &= \text{BM Gliserol} + (3 \times (0.0027 \times \text{BM oktanoat}) + (0.0391 \times \text{BM Dekanoat}) \\
 &\quad + (0.4121 \times \text{BM Laurat}) + (0.239 \times \text{BM Meristat}) + (0.165 \times \text{BM Palmitat}) \\
 &\quad + (0.0314 \times \text{BM Stereat}) + (0.0946 \times \text{BM Oleat}) + (0.0161 \times \text{BM Linoleat})) - (3 \times 18) \\
 &= 92.094 + (3 \times (0.0027 \times 144.21) + (0.0391 \times 172.26) + (0.4121 \times 200.32) \\
 &\quad + (0.239 \times 228.38) + (0.165 \times 256.42) + (0.0314 \times 284.48) + (0.0946 \times 282.46) \\
 &\quad + (0.0161 \times 280.45)) - 54 \\
 &= 718.31 \text{ g/mol}
 \end{aligned}$$

(Muhammad Syahrir, 2009)

massa minyak kelapa = densitas x volume

= 0.913 g/ml x 50 ml

= 45.65 g

mol minyak kelapa = massa / BM

= 45.65 g / 718.31 g/mol

= 0.064 mol

FFA MINYAK KELAPA

Tabel A.3

Percobaan	Volume titran yang dibutuhkan (ml)
I	0.17
II	0.15
III	0.15

Dimana diambil 3 kali uji volume titran dengan massa sampel 2.5 gram dan molaritas NaOH 0,05 mol

$$\begin{aligned}
 \text{FFA data 1} &= \frac{V \text{ NaOH} \times M \text{ NaOH} \times \text{BM Minyak Kelapa}}{\text{Massa sampel} \times 1000} \times 100\% \\
 &= \frac{0.17 \text{ ml} \times 0.05 \text{ mol/l} \times 718.31 \text{ g/mol}}{2.5 \text{ g} \times 1000} \times 100\% \\
 &= 0.244 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{FFA data 2} &= \frac{V \text{ NaOH} \times M \text{ NaOH} \times \text{BM Minyak Kelapa}}{\text{Massa sampel} \times 1000} \times 100\% \\
 &= \frac{0.15 \text{ ml} \times 0.05 \text{ mol/l} \times 718.31 \text{ g/mol}}{2.5 \text{ g} \times 1000} \times 100\% \\
 &= 0.215 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{FFA data 3} &= \frac{V \text{ NaOH} \times M \text{ NaOH} \times \text{BM Minyak Kelapa}}{\text{Massa sampel} \times 1000} \times 100\% \\
 &= \frac{0.15 \text{ ml} \times 0.05 \text{ mol/l} \times 718.31 \text{ g/mol}}{2.5 \text{ g} \times 1000} \times 100\% \\
 &= 0.215 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{FFA rata -rata} &= \frac{\text{FFA data 1} + \text{FFA data 2} + \text{FFA data 3}}{3} \\
 &= 0.225 \%
 \end{aligned}$$

Karena FFA minyak kelapa masih kurang dari 5 % (sesuai dengan literatur pada BAB II), maka minyak kelapa dapat langsung digunakan (di Trans-esterifikasi), tanpa melalui proses Esterifikasi

KANDUNGAN AIR MINYAK KELAPA

Tabel A.4

Running	massa sampel awal	massa sampel akhir
I	4.6131 gram	4.6109 gram
II	4.6132 gram	4.6092 gram
III	4.6132 gram	4.6094 gram

Ket. : *Sampel awal* = sebelum masuk oven

Sampel akhir = setelah masuk oven

Pengukuran dilakukan 3 kali dengan piknometer 5 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Air} &= \frac{\text{sa sampel awal} - \text{massa sampel a}}{\text{massa sampel awal}} \times 100\% \\ &= \frac{4.6131 \text{ g} - 4.6109 \text{ g}}{4.6131 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 0.0845 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ Air} &= \frac{\text{sa sampel awal} - \text{massa sampel a}}{\text{massa sampel awal}} \times 100\% \\ &= \frac{4.6132 \text{ g} - 4.6092 \text{ g}}{4.6132 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 0.0867 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ Air} &= \frac{\text{sa sampel awal} - \text{massa sampel a}}{\text{massa sampel awal}} \times 100\% \\ &= \frac{4.6132 \text{ g} - 4.6094 \text{ g}}{4.6132 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 0.0824 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= \frac{\text{Run I} + \text{Run II} + \text{Run II}}{3} \\ &= 0.0845 \%\end{aligned}$$

Karena kandungan minyak kelapa masih kurang dari 0.1 % (sesuai dengan literatur - pada BAB II), maka minyak kelapa dapat langsung digunakan tanpa melalui proses penguapan air

YIELD

Daya 800 watt ; Konsentrasi Katalis 1% ; Laju Umpan 0.73 ml/s dari tabel Lampiran B
Yield dari Percobaan

$$\begin{aligned}\text{Yield} &= \frac{\text{massa sampel (FAME)}}{\text{massa minyak kelapa mula-mula}} \\ &= \frac{40.88 \text{ g}}{45.65 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 89.55 \%\end{aligned}$$

Pendekatan yield aktual dari Persamaan Tesfa.

Menghitung nilai kadar dari pendekatan viskositas (persamaan tesfa)

$$\begin{aligned}\text{Persamaan Tesfa} \Rightarrow \ln(\mu_{\text{mix}}) &= x_1 \ln(\mu_1) + x_2 \ln(\mu_2) \\ \ln(4.876) &= x_1 \ln(27.5) + (1-x_1) \ln(2.7) \\ x_1 &= 0.7453\end{aligned}$$

(Tesfa et al, 2010)

Keterangan

μ_1 : Viskositas Minyak Kelapa

μ_2 : Viskositas Bio Solar (B10) ==> campuran 10% Biodiesel dan 90% solar

μ_{mix} : Viskositas Biodiesel

x_1 : Kadar Viskositas

$$\begin{aligned}\text{Yield Aktual} &= \text{Kadar Viskositas} \times \text{Yield dari Percobaan} \\ &= 0.7453 \times 89.55 \% \\ &= 66.745 \%\end{aligned}$$

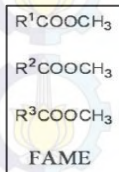
REAKSI

Daya 800 watt ; Konsentrasi Katalis 1% ; Laju Umpan 0.73 ml/s dari tabel Lampiran B

$$\text{Massa FAME} = 40.88 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}\text{BM FAME} &= \text{Rantai R (R}^1, \text{R}^2, \text{R}^3) \times \text{BM Komponen Asam lemak rata-rata} \\ &= 3 \times 231.124 \\ &= 693.37 \text{ g/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{mol FAME} &= \frac{\text{Massa FAME}}{\text{BM FAME}} \\ &= \frac{40.88 \text{ g}}{693.37 \text{ g/mol}} \\ &= 0.05896 \text{ mol}\end{aligned}$$



Reaksi : (1)Trigliserida + (3) Metanol ==> (3) FAME + (1) Gliserol

Mula-mula	0.06355	0.57197		
Bereaksi	0.01965	0.05896	0.05896	0.01965
Sisa	0.04390	0.51301	0.05896	0.01965

Didapatkan mol minyak bereaksi dari stoikiom 0.0197 mol

Metanol yang menguap

$$\begin{aligned}&= (\text{mol sisa metanol} + \text{mol sisa Trigliserida}) - (\text{mol sisa FAME} + \text{mol sisa Gliserol}) \\ &= (0.51301 + 0.0439) - (0.05896 + 0.01965) \\ &= 0.47830 \text{ mol}\end{aligned}$$

DENSITAS BIODIESEL

Daya 800 watt ; Konsentrasi Katalis 1% ; Laju Umpan 0.73 ml/s dari tabel Lampiran B

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{(\text{massa pikno} + \text{sampel}) - \text{massa pikno}}{\text{volume sampel dalam pikno}} \\ &= \frac{12.47 \text{ g} - 8.14 \text{ g}}{5 \text{ ml}} \\ &= 0.866 \text{ g/ml}\end{aligned}$$

VISCOSITAS BIODIESEL

Daya 800 watt ; Konsentrasi Katalis 1% ; Laju Umpan 0.73 ml/s dari tabel Lampiran B

$$\begin{aligned}\mu &= K \times t \\ &= 2.5 \times 1.96 \\ &= 4.9 \text{ mm}^2/\text{s} \\ &= 4.9 \text{ cSt}\end{aligned}$$

Dimana $1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1 \text{ cSt}$

keterangan :

t = waktu pengukuran (s)

Berdasarkan manual book SCHOTT Instrument pada alat *Viskometer Fenske* yang kita gunakan memiliki nilai K (konstanta alat) = 2.5

LAMPIRAN B DATA PENGAMATAN

Tabel B.1. Data Pembuatan Biodiesel dengan Laju Umpan 0,73 ml/s

Laju Umpan	Katalis (%)	Daya (watt)	Massa Produk (gram)	Waktu cairan di Viskometer (detik)	Massa / 5ml (gram)	Densitas (gr/cm ³)	Viskositas (cSt)	Yield (%)
0,73 ml/s	0,25	100	34,52	2,11	4,38	0,876	5,28	75,62
		264	34,81	2,22	4,35	0,870	5,55	76,25
		400	35,84	1,89	4,31	0,862	4,73	78,51
		600	36,24	1,88	4,29	0,858	4,70	79,39
		800	36,37	1,95	4,32	0,864	4,88	79,67
	0,5	100	34,77	2,25	4,37	0,874	5,63	76,17
		264	35,89	2,22	4,36	0,872	5,55	78,62
		400	37,86	2,21	4,33	0,866	5,53	82,94
		600	37,96	1,92	4,31	0,862	4,80	83,15
		800	38,12	1,89	4,31	0,862	4,73	83,50

1	100	37,25	2,22	4,32	0,864	5,55	81,60
	264	37,28	2,2	4,33	0,866	5,50	81,66
	400	39,26	2,13	4,26	0,851	5,33	86,00
	600	40,35	1,85	4,25	0,85	4,63	88,39
	800	40,88	1,83	4,3	0,86	4,58	89,55

Tabel B.2. Data Pembuatan Biodiesel dengan Laju Umpan 1,25 ml/s

Laju Umpan	Katalis (%)	Daya (Watt)	Massa Produk (gram)	Waktu cairan di Viskometer (detik)	Massa / 5ml (gram)	Densitas (gr/cm ³)	Viskositas (cSt)	Yield (%)
1,25 ml/s	0,25	100	33,66	2,31	4,41	0,882	5,78	73,73
		264	33,87	1,91	4,39	0,878	4,78	74,19
		400	33,92	1,88	4,39	0,878	4,70	74,30
		600	34,95	1,85	4,34	0,868	4,63	76,56
		800	35,06	1,97	4,33	0,866	4,93	76,80
	0,5	100	33,66	2,05	4,36	0,872	5,13	73,73
		264	35,78	1,99	4,35	0,870	4,98	78,38

		400	35,88	1,87	4,32	0,864	4,68	78,60
		600	36,85	1,88	4,32	0,864	4,70	80,72
		800	36,98	1,96	4,32	0,864	4,90	81,01
	1	100	35,86	2,23	4,36	0,872	5,58	78,55
		264	36,84	2,21	4,35	0,870	5,53	80,70
		400	38,47	2,16	4,35	0,870	5,40	84,27
		600	39,10	1,87	4,29	0,858	4,68	85,65
		800	40,45	1,86	4,33	0,866	4,65	88,61

Tabel B.3. Data Pembuatan Biodiesel dengan Laju Umpan 1,72 ml/s

Laju Umpan	Katalis (%)	Daya (Watt)	Massa Produk (gram)	Waktu cairan di Viskometer (detik)	Massa / 5ml (gram)	Densitas (gr/cm ³)	Viskositas (cSt)	Yield (%)
1,72 ml/s	0,25	100	32,76	2,08	4,42	0,884	5,20	71,76
		264	32,87	2,16	4,44	0,888	5,40	72,00
		400	33,31	2,05	4,39	0,878	5,13	72,97
		600	33,52	1,79	4,34	0,868	4,48	73,43

	0,5	800	34,24	2,1	4,37	0,874	5,25	75,01
		100	33,22	2,05	4,45	0,89	5,13	72,77
		264	33,21	2,05	4,36	0,872	5,13	72,75
		400	33,44	1,88	4,36	0,872	4,70	73,25
		600	34,46	1,78	4,32	0,864	4,45	75,49
		800	34,56	2,01	4,32	0,864	5,03	75,71
	1	100	35,13	2,31	4,39	0,878	5,78	76,96
		264	36,69	2,24	4,36	0,872	5,60	80,37
		400	37,85	2,18	4,36	0,872	5,45	82,91
		600	38,88	1,96	4,34	0,868	4,90	85,17
		800	40,15	1,96	4,34	0,868	4,90	87,95

Tabel B.4. Data Perhitungan Rasio Umpan

Komponen	BM (g/mol)	Volume (ml)	Densitas (g/ml)	Massa (g)	mol	Rasio Feed
Minyak Kelapa Barco	718,31	50	0,913	45,65	0,064	1
Metanol	32,04	23,14	0,792	18,33	0,572	9

Tabel B.5. Data Hasil GC Minyak Kelapa Barco

Jenis Asam Lemak	Fraksi	BM (gr/mol)
Oktanoat (C8)	0,0027	144,21
Dekanoat (C10)	0,0391	172,26
Laurat (C12)	0,4121	200,32
Miristat (C 14)	0,2390	228,38
Palmitat (C16)	0,1650	256,43
Stearat (C18)	0,0314	284,48
Oleat (C18)	0,0946	282,46
Linoleat (C18)	0,0161	280,45
Total	1	231,12
Rata-rata		

Tabel B.6. Data Kebutuhan Volume Titran pada Uji FFA Minyak Kelapa

Running	Volume titran yang dibutuhkan (ml)
I	2,3
II	2,3
III	2,1

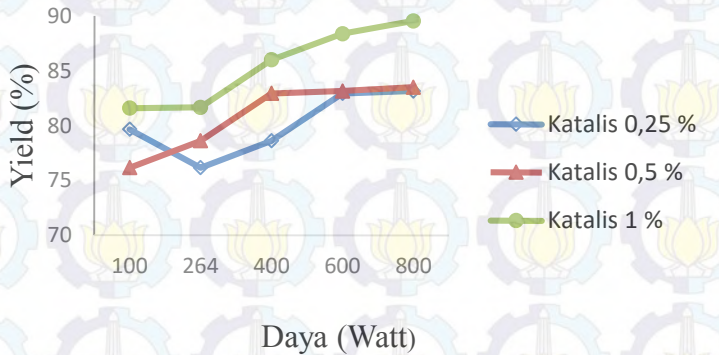
Tabel B.7. Data Perhitungan Kandungan Air pada Minyak Kelapa

Running	massa sampel awal	massa sampel akhir
I	4,6131 gram	4,6109 gram
II	4,6132 gram	4,6092 gram
III	4,6132 gram	4,6094 gram

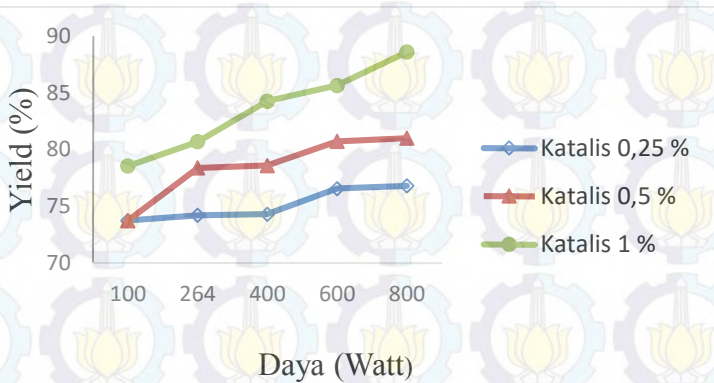
LAMPIRAN C

DATA GRAFIK HASIL PENGAMATAN

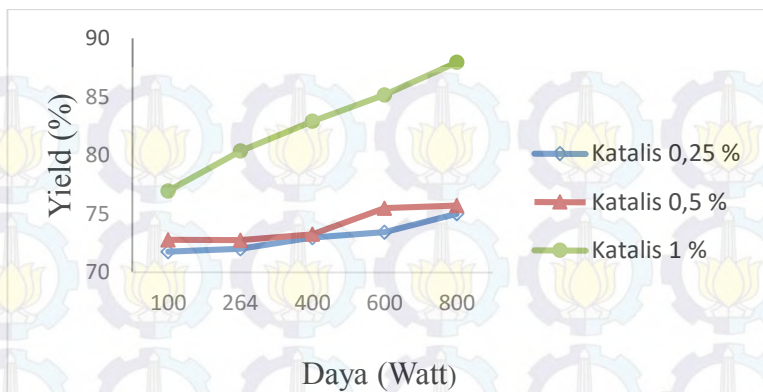
Lampiran C.1. Pengaruh Daya pada Produk Biodiesel



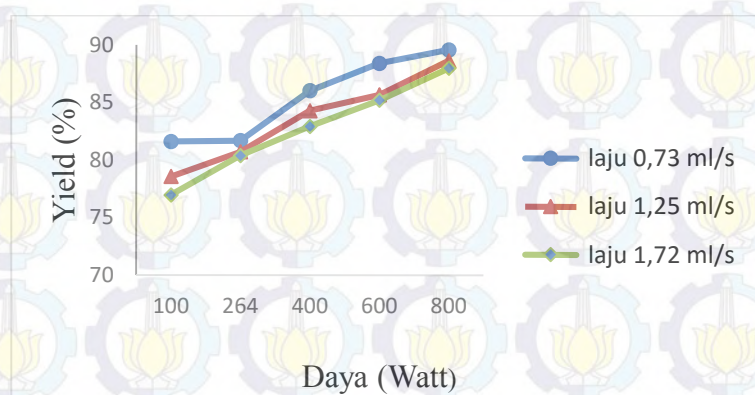
Gambar C.1.1 %Yield saat laju umpan 0,73 ml/s



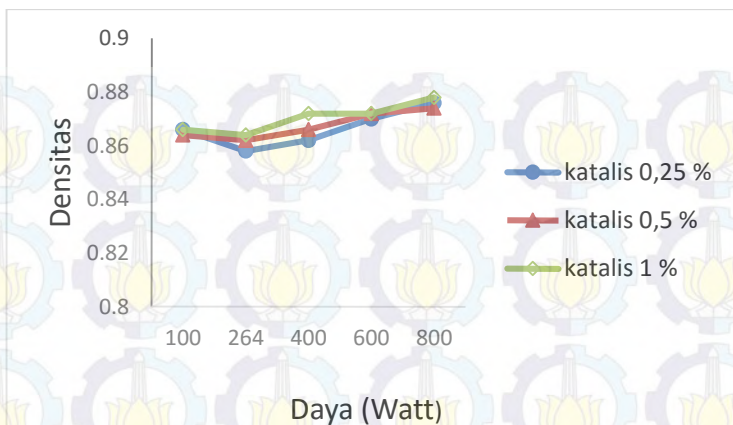
Gambar C.1.2. %Yield saat laju umpan 1,25 ml/s



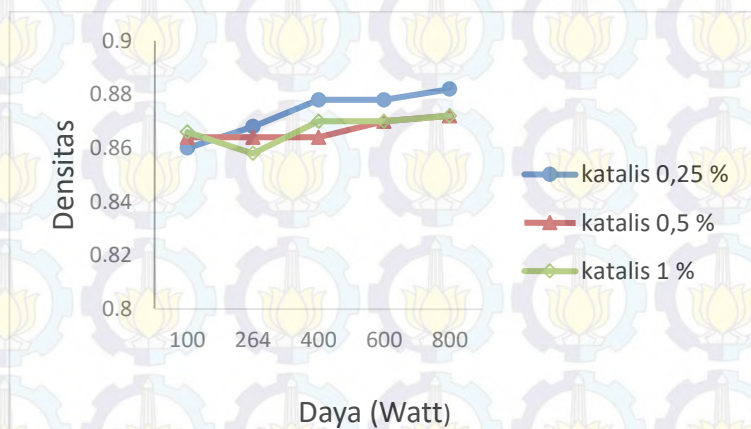
Gambar C.1.3 %Yield saat laju umpan 1,72 ml/s



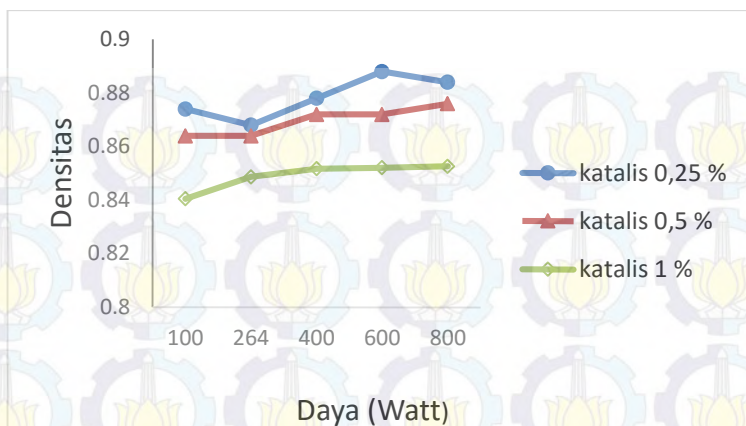
Gambar C.1.4. %Yield saat konsentrasi katalis 1%



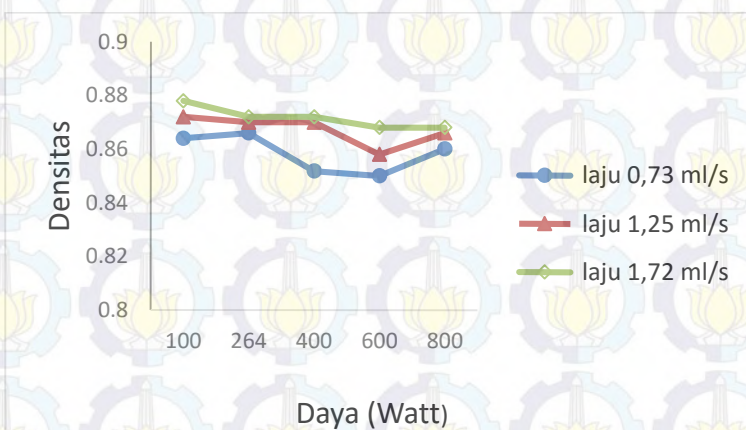
Gambar C.1.5. Densitas saat laju umpan 0,73 ml/s



Gambar C.1.6. Densitas saat laju umpan 1,25 ml/s



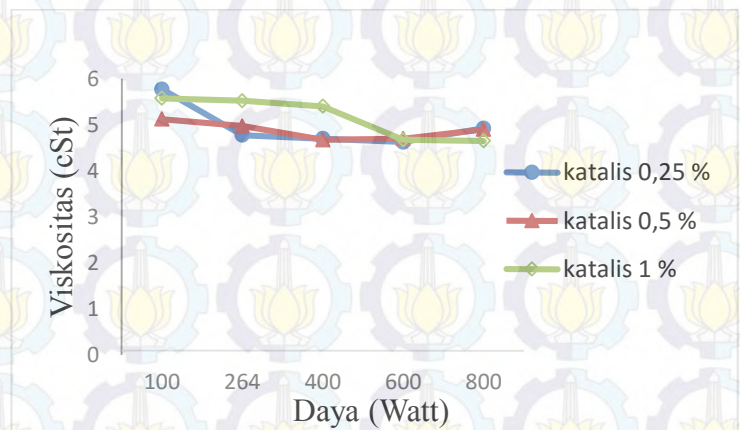
Gambar C.1.7. Densitas saat laju umpan 1,72 ml/s



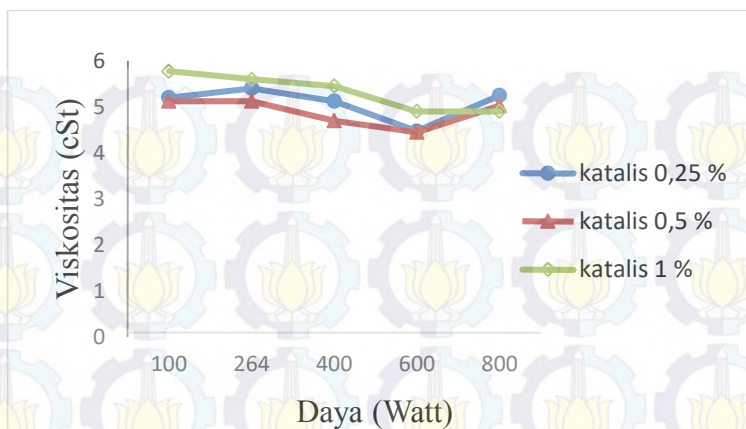
Gambar C.1.8. Densitas saat konsentrasi katalis 1%



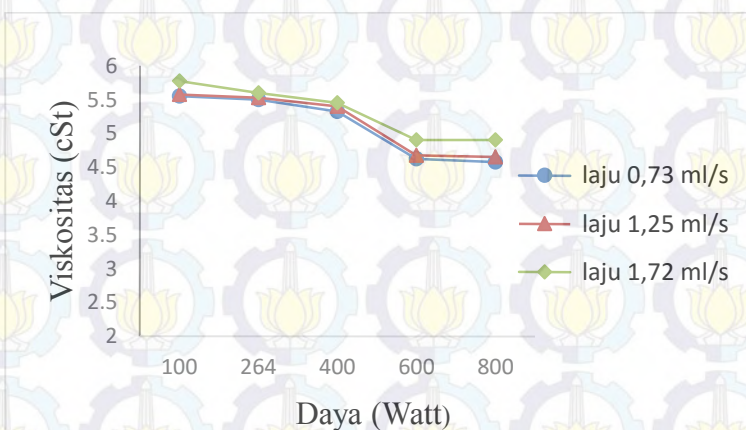
Gambar C.1.9. Viskositas saat laju umpan 0,73 ml/s



Gambar C.1.10. Viskositas saat laju umpan 1,25 ml/s

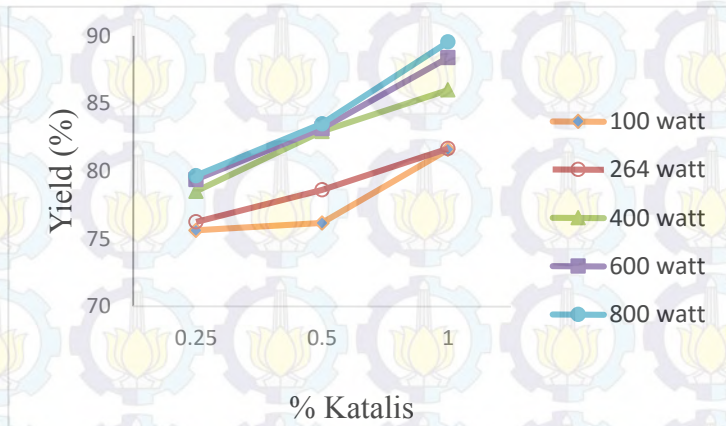


Gambar C.1.11. Viskositas saat laju umpan 1,72 ml/s

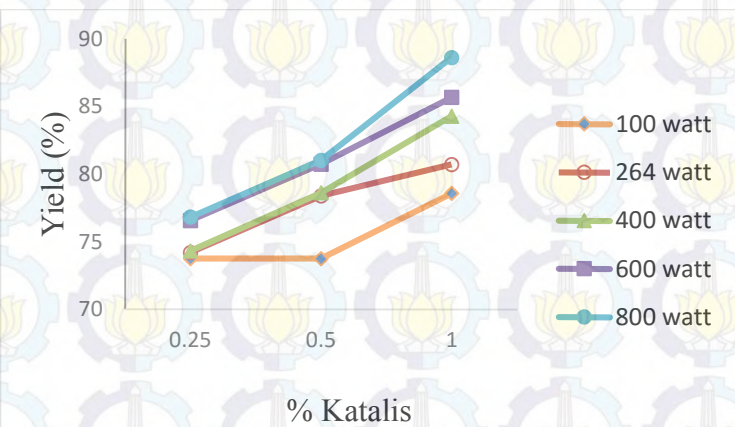


Gambar C.1.12. Viskositas saat konsentrasi katalis 1%

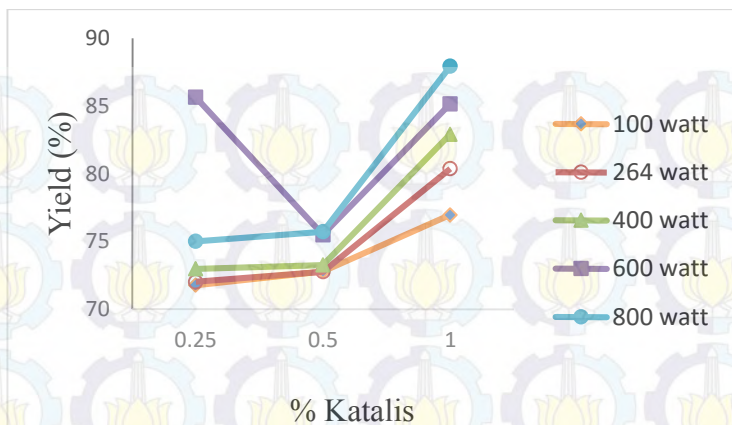
Lampiran C.2. Pengaruh Konsentrasi Katalis pada Produk Biodiesel



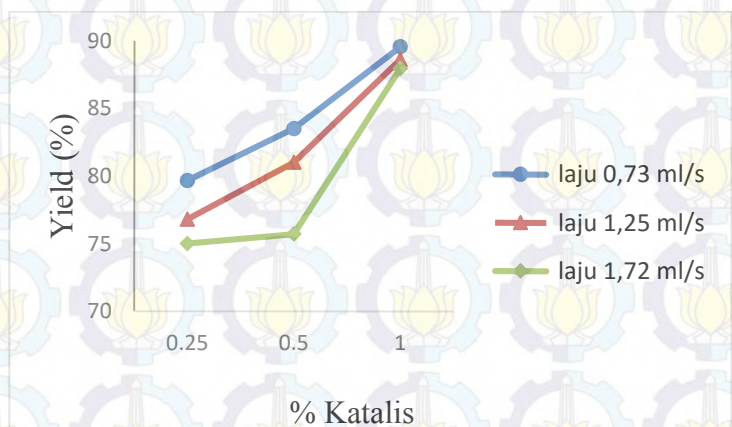
Gambar C.2.1 %Yield saat laju umpan 0,73 ml/s



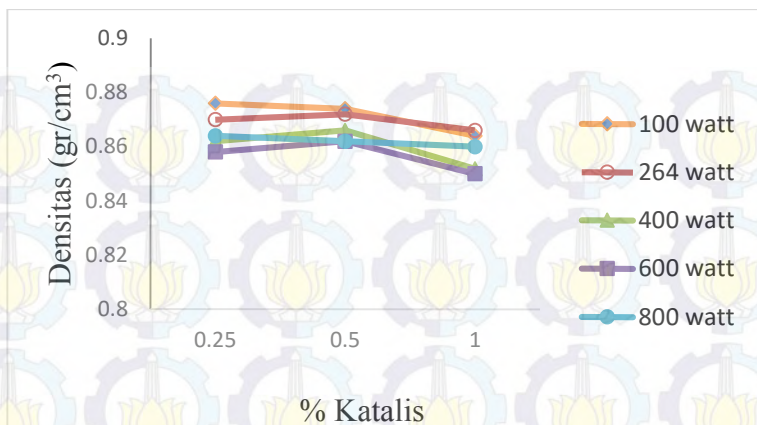
Gambar C.2.2. %Yield saat laju umpan 1,25 ml/s



Gambar C.2.3 %Yield saat laju umpan 1,72 ml/s



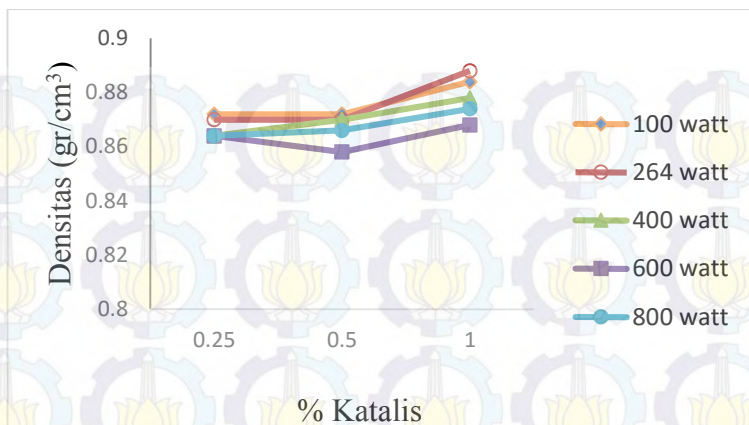
Gambar C.2.4. %Yield saat daya 800 Watt



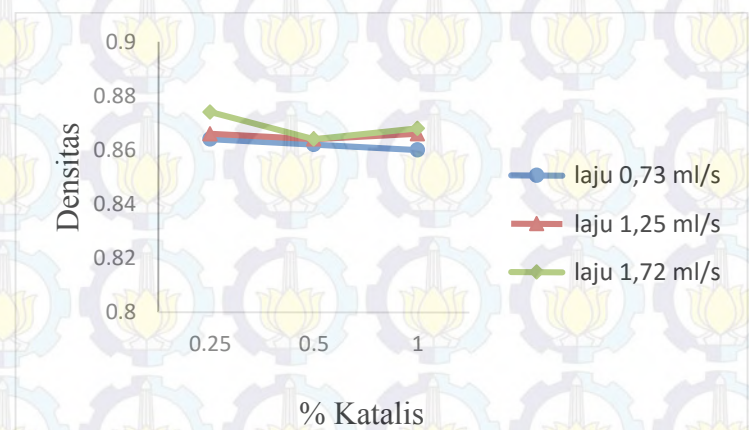
Gambar C.2.5. Densitas saat laju umpan 0,73 ml/s



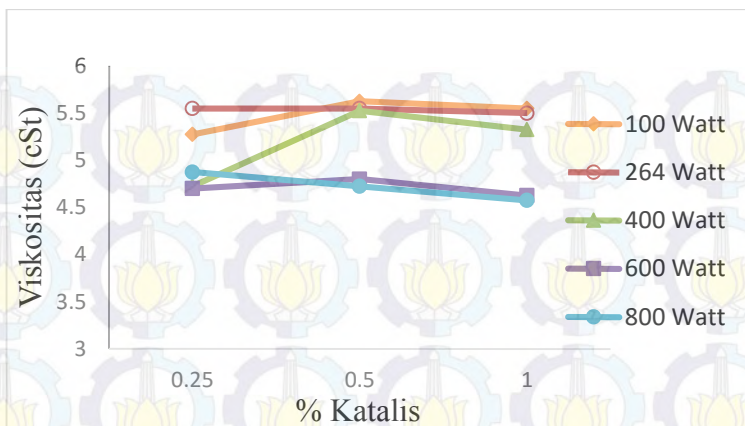
Gambar C.2.6. Densitas saat laju umpan 1,25 ml/s



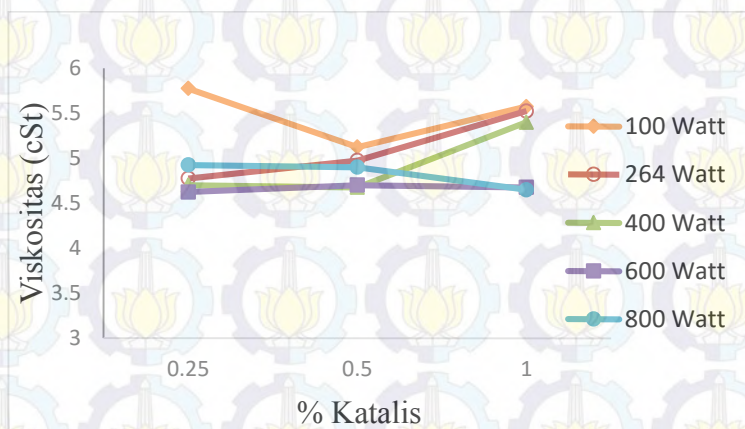
Gambar C.2.7. Densitas saat laju umpan 1,72 ml/s



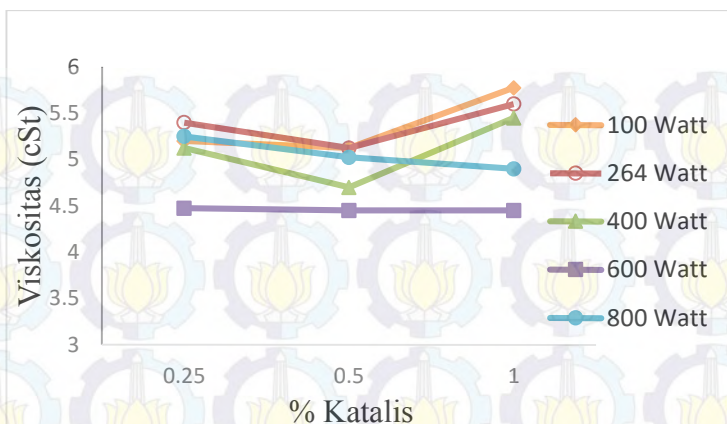
Gambar C.2.8. Densitas saat daya 800 Watt



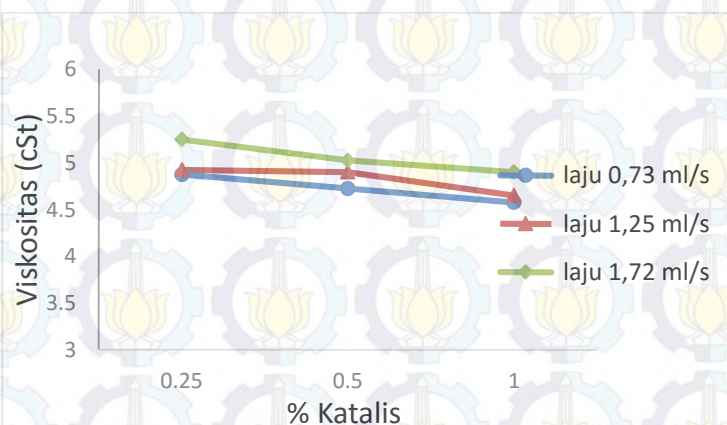
Gambar C.2.9. Viskositas saat laju umpan 0,73 ml/s



Gambar C.2.10. Viskositas saat laju umpan 1,25 ml/s

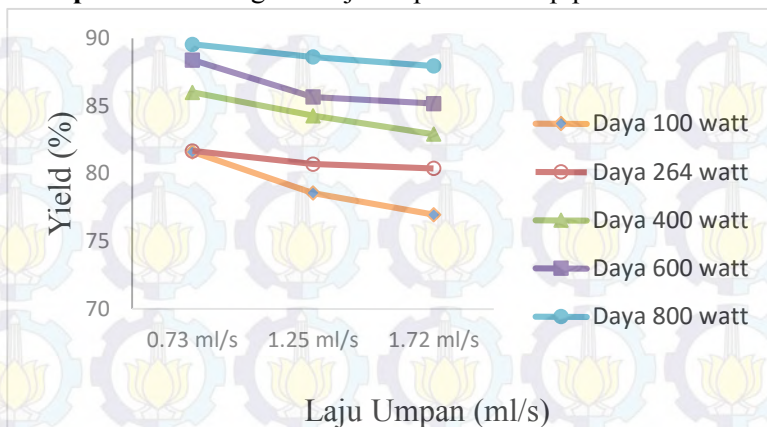


Gambar C.2.11. Viskositas saat laju umpan 1,72 ml/s

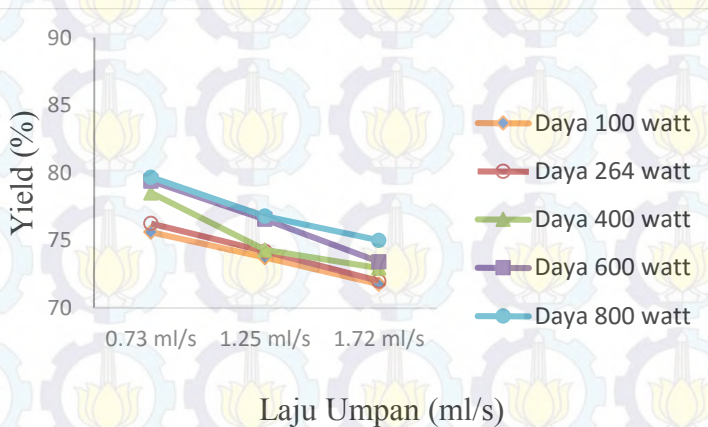


Gambar C.2.12. Viskositas saat daya 800 Watt

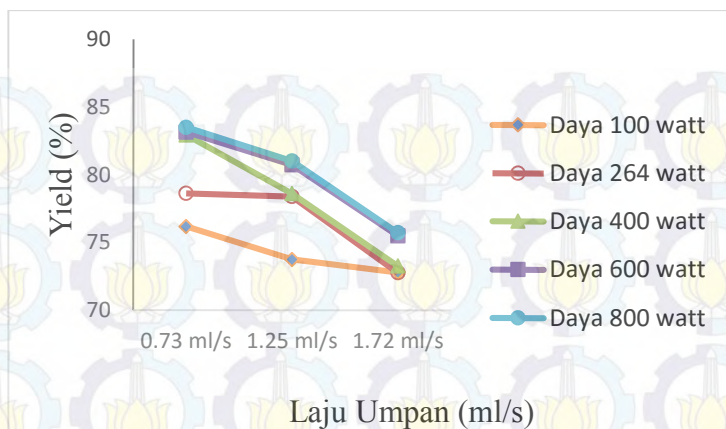
Lampiran C.3. Pengaruh laju umpan terhadap produk biodiesel



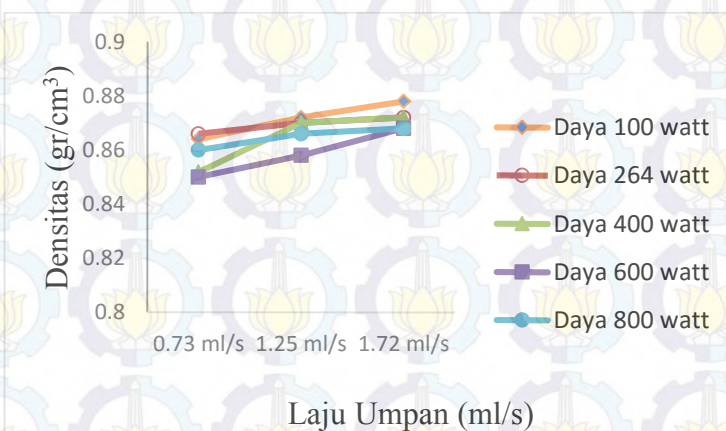
Gambar C.3.1 % Yield pada saat konsentrasi katalis 1%



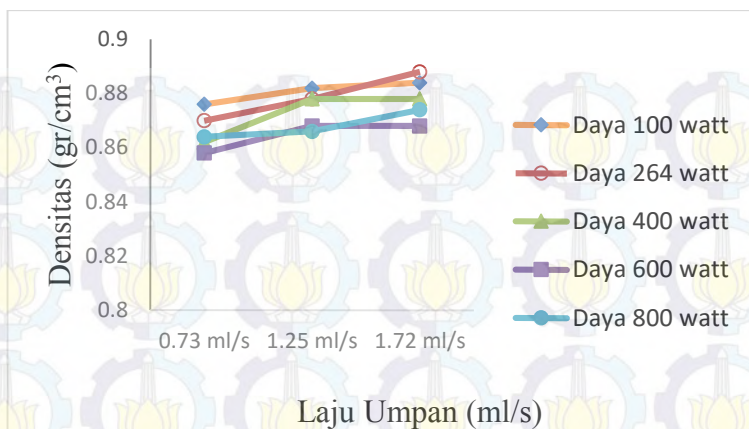
Gambar C.3.2 % Yield pada saat konsentrasi katalis 0,25%



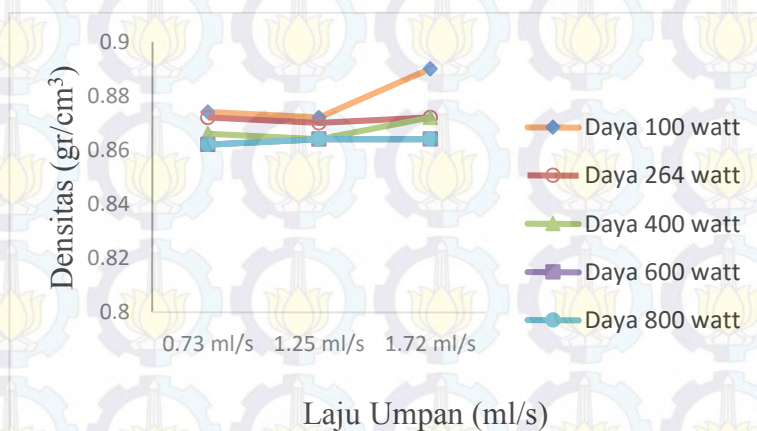
Gambar C.3.3 % Yield pada saat konsentrasi katalis 0,5%



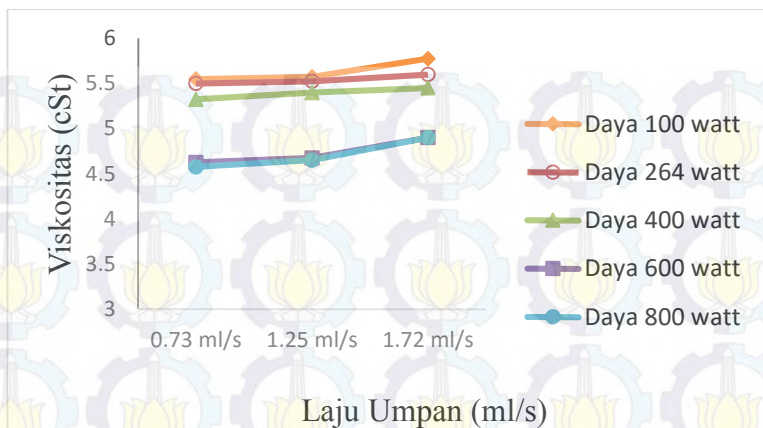
Gambar C.3.4. Densitas pada saat konsentrasi katalis 1%



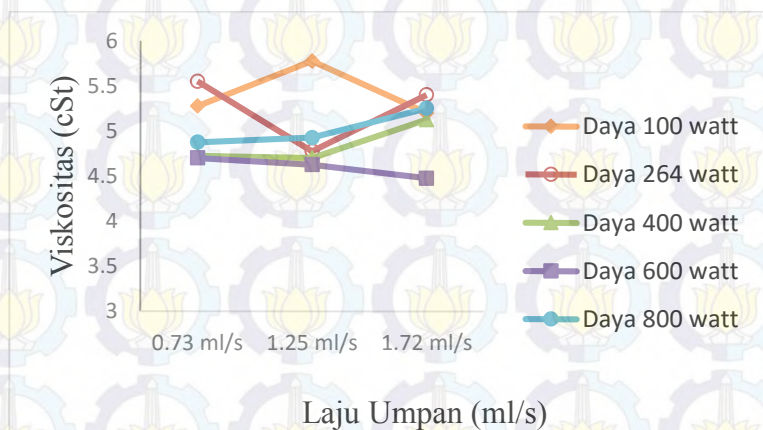
Gambar C.3.5. Densitas pada saat konsentrasi katalis 0,25%



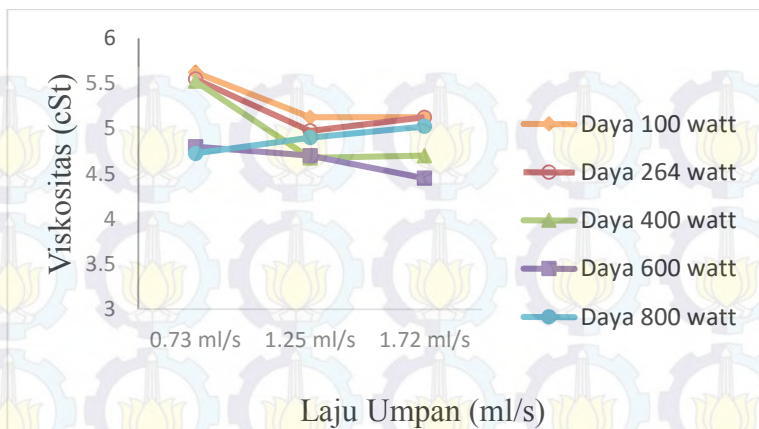
Gambar C.3.6. Densitas pada saat konsentrasi katalis 0,5%



Gambar C.3.7. Viskositas pada saat konsentrasi katalis 1%

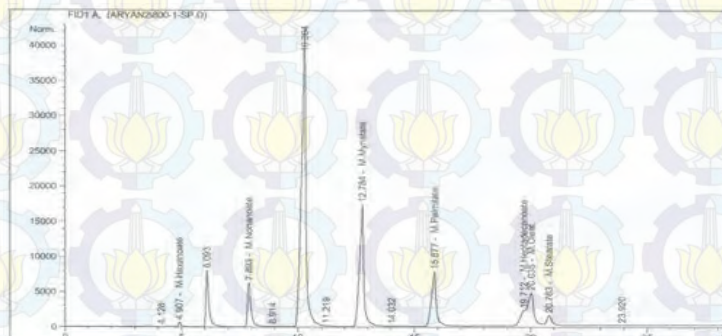


Gambar C.3.8. Viskositas pada saat konsentrasi katalis 0,25%



Gambar C.3.9. Densitas pada saat konsentrasi katalis 0,5%

Lampiran C.4. Hasil analisa *gas chromatography* (GC) pada produk biodiesel dengan katalis NaOH 1 %, daya 800 Watt dan laju umpan 0,73 ml/s



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\ARYAN2\800-1-SP.D Sample Name: 800-1%-SPT
Instrument 1 11/26/2015 3:37:34 PM
INNOVAX-1uL DIRECT

Injection Date : 11/26/2015 3:07:54 PM Location: Vial 1
Sample Name : 800-1%-SPT Inj: 1
Acq. Operator : Inj Volume: Manually
Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\FAMEINOX.M
Last changed : 11/26/2015 2:01:42 PM (modified after loading)

External Standard Report (Sample Amount is 0!)

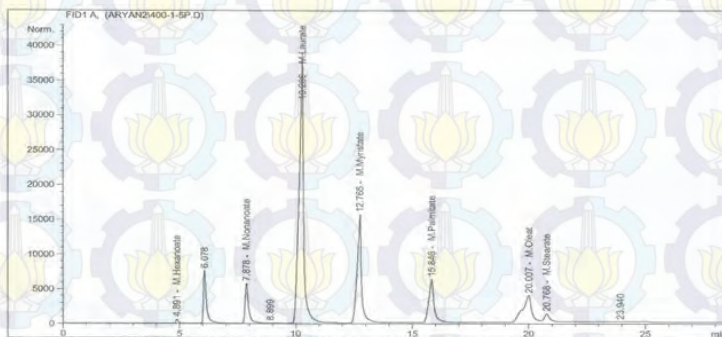
Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : 8/6/2015 12:21:22 PM
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [(mg/L)]	Grp	Name
4.907	PB +	4664.35059	2.81869	1.31474e4		M. Hexanoate
6.381		-	-	-		M. Octanoate
7.893	BV +	6.48534e4	2.64961	1.71837e5		M. Nonanoate
9.901		-	-	-		M. Laurate
12.784	PB +	2.23469e5	1.40219	3.13346e5		M. Myristate
15.877	PB +	1.12588e5	1.24662	1.40354e5		M. Palmitate
19.712	BV +	2.87640e4	1.29761	3.73244e4		M. Heptadecanoate
20.035	VV +	8.95840e4	3.18977e-1	2.85752e4		M. Oleat
20.783	VB +	2.28748e4	4.82550e-1	1.10382e4		M. Stearate
25.895		-	-	-		M. Arachidate
Totals :				7.15622e5		

*** End of Report ***

Lampiran C.5. Hasil analisa *gas chromatography* (GC) pada produk biodiesel dengan katalis NaOH 1 %, daya 400 Watt dan laju umpan 0,73 ml/s



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\ARYAN2-400-1-5P.D Sample Name: 400-1%-5PT
Instrument 1 11/26/2015 3:06:13 PM

INNOWAX-1uL DIRECT

Injection Date : 11/26/2015 2:36:33 PM

Sample Name : 400-1%-5PT

Acq. Operator :

Location : Vial 1

Inj : 1

Inj Volume : Manually

Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\FAMEINOX.M

Last changed : 11/26/2015 2:01:42 PM
(modified after loading)

External Standard Report (Sample Amount is 0!)

Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : 8/6/2015 12:21:22 PM
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [mg/L]	Grp	Name
4.891	PB +	4366.70850	2.82336	1.23288e4		M.Hexanoate
6.381		-	-	-		M.Octanoate
7.878	PB +	5.92701e4	2.65006	1.57069e5		M.Nonanoate
10.289	PB S+	5.23702e5	1.50963	7.90598e5		M.Laurate
12.765	PB +	2.01383e5	1.40223	2.82385e5		M.Myristate
15.846	PB +	9.90548e4	1.24695	1.23517e5		M.Palmitate
19.000		-	-	-		M.Heptadecanoate
20.007	PV +	1.02088e5	3.19025e-1	3.25686e4		M.Oleat
20.768	VB +	2.05133e4	4.82475e-1	9897.13845		M.Stearate
25.876		-	-	-		M.Arachidate
Totals :				1.40836e6		

*** End of Report ***

**Lampiran C.6. Hasil analisa *gas chromatography* (GC) pada
produk biodiesel dengan katalis NaOH 1 %, daya 800
watt dan laju umpan 0,73 ml/s.**

PT. PERTAMINA LUBRICANTS
LABORATORIUM PRODUCTION UNIT
GRESIK / SURABAYA



PERMINTAAN PENGUJIAN

Kode Sampel : 1
Jenis Sampel : HSD
Kemasan Sampel : Botol 500cc
Kondisi Sampel : Baik / Bocor
Jumlah Sampel : 1
Tanggal Terima : 15 - 12 - 2015
Permintaan Pengujian :

No. Memo :
Tanggal : 15 - 12 - 2015
Asal Sampel :
No.COA/TR :
Tanggal :

Catatan Hasil Kaji Ulang :

Jr. Analyst QC Lab / Analyst Quality & Technical

No	Parameter Pengujian	Metode	Satuan	Hasil	Keterangan
1	Appearance	TKI-C001	-		
2	ASTM Colour	ASTM D 1500	-		
3	Density at 15°C	ASTM D 4052	Kg/L	0,8760	
4	Distillation	ASTM D 86			
	IBP		* C		
	-10 % Rec		* C		
	-50 % Rec		* C		
	-90 % Rec		* C		
	FBP		* C		
	Residue		% Vol		
	Loss		% Vol		
	Recovery at 300°C		% Vol		
4	Visc. Kin. At 40°C	ASTM D 445	ASTM no.	3,087 mm ² /s	
5	Flash Point PMCC	ASTM D 93	*C	103	
6	Pour Point	ASTM D 97	*C	-4 -673 -3	
7	Calculated Cetane Index	ASTM D 4737	-		
8	Ash Content	ASTM D 482	% wt		
9	Sulphur Content	ASTM D 4294	% wt		
10	Sediment Content	ASTM D 473	% wt		
11	Corrosion Copper Strip	ASTM D 130	Class		
12	MCRT	ASTM D 4530	% wt		
13	Water Content by Karl Fischer	ASTM D 6304	ppm		
14	Acid Number	ASTM D 664	mgKOH/g		

Diselesaikan Tanggal :
Dibuat Oleh :
Administrasi :

Diperiksa Oleh :
Analisis :

Disetujui Oleh :
Jr. Analyst QC Lab /
Analyst Quality & Technical

M. D. J. T. P.

**Lampiran C.7. Hasil analisa *gas chromatography* (GC) pada
produk biodiesel dengan katalis NaOH 1 %, daya 400
watt dan laju umpan 0,73 ml/s.**

PT. PERTAMINA LUBRICANTS LABORATORIUM PRODUCTION UNIT GRESIK / SURABAYA					
PERMINTAAN PENGUJIAN					
Kode Sampel : 2 Jenis Sampel : HSD Kemasan Sampel : 200 ml / Karton Kondisi Sampel : Baik / Bocer Jumlah Sampel : 1 Tanggal Terima : 15 - 12 - 2015 Permintaan Pengujian :	No. Memo : Tanggal : 15 - 12 - 2015 Asal Sampel : No. COA/TR : Tanggal :				
Catatan Hasil Kaji Ulang :		Jr. Analyst QC Lab / Analyst Quality & Technical			
No	Parameter Pengujian	Metode	Satuan	Hasil	Keterangan
1	Appearance	TKI-C001	-	-	
2	ASTM Colour	ASTM D 1500	-	-	
3	Density at 15°C	ASTM D 4052	Kg/L	0,8963	
4	Distillation	ASTM D 86			
	IBP		°C		
	-10 % Rec		°C		
	-50 % Rec		°C		
	-90 % Rec		°C		
	FBP		°C		
	Residue		% Vol		
	Loss		% Vol		
	Recovery at 300°C		% Vol		
5	Visc. Kin. At 40°C	ASTM D 445	ASTM no.	3,057 mm ² /s	
6	Flash Point PMCC	ASTM D 93	°C	108	
6	Pour Point	ASTM D 97	°C	-3	
7	Calculated Cetane Index	ASTM D 4737	-		
8	Ash Content	ASTM D 482	% wt		
9	Sulphur Content	ASTM D 4294	% wt		
10	Sediment Content	ASTM D 473	% wt		
11	Corrosion Copper Strip	ASTM D 130	Class		
12	MCRT	ASTM D 4530	% wt		
13	Water Content by Karl Fischer	ASTM D 6304	ppm		
14	Acid Number	ASTM D 664	mgKOH/g		
Diselesaikan Tanggal : Dibuat Oleh : Administrasi :					
Diperiksa Oleh : Analis :					
Disetujui Oleh : Jr. Analyst QC Lab / Analyst Quality & Technical : <div style="text-align: right;"> M. D. Prisho T. P. </div>					

BIODATA PENULIS

Daru Satria Prayanto, anak pertama dari dua bersaudara. Lahir di Mataram (NTB), 22 Agustus 1992. Penulis tumbuh besar di kota kelahirannya. Menempuh pendidikan formal di TK Arta Kencana Kediri (1997), SDN Burengan II Kediri (1999), SMPN 1 Kediri (2005), dan SMAN 1 Kediri (2008). Setelah menamatkan pendidikan SMA, penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember jurusan Teknik Kimia Fakultas teknologi industri melalui jalur SNMPTN Tulis.



Penuis memilih Laboratorium Teknologi Proses Kimia sebagai laboratorium untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Dengan judul pra desain pabrik “Semen Magnesium dari Limbah Bittern” dan judul skripsi “ Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa dengan Katalis NaOH menggunakan Gelombang Mikro (*Microwave*) secara Kontinyu”.

Nama : Daru Satria Prayanto

Alamat : Perum Permata Hijau Blok H-3, Kecamatan Pesantren,
Kediri

Email : mastercom92@yahoo.co.id

BIODATA PENULIS

Muhammad Salahudin, Lahir pada 21 Pebruari 1993 di Bandung-Jawa Barat. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Pabuaran IV Cibinong (1999), MTs Negeri Cibinong (2005), dan SMAN 10 Kota Bogor (2008). Setelah menamatkan pendidikan SMA, penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri.



Penulis merupakan anak ke-2 dari enam bersaudara. Penulis memilih Laboratorium Teknologi Proses Kimia sebagai laboratorium untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Dengan judul pra desain pabrik “Semen Magnesium dari Limbah Bittern” dan judul skripsi “Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa dengan Katalis NaOH menggunakan Gelombang Mikro (*Microwave*) secara Kontinyu”.

Nama : Muhammad Salahudin

Alamat : Bukit Asri Baru Blok C-4 No.2,Cibinong-Bogor, Jawa barat

Email : ahmadsalahudin212@gmail.com